

Année : 2001  
N° d'ordre : 01MULH0638

# THESE

*présentée à*

**Université de Haute Alsace**

**Ecole Nationale Supérieure des Industries Textiles de Mulhouse**

*pour obtenir le titre de*

**Docteur en sciences pour l'ingénieur**

*par*

**Mourad KRIFA**

---

*Titre :*

**Etude des fragments de coque de graines de coton :  
Détection, caractérisation, interaction avec les processus de filature et  
influence sur la qualité du fil**

---

*Préparée au Laboratoire de Technologie Cotonnière du **CIRAD-CA**  
et au Laboratoire de Physique et Mécanique Textiles de l'**ENSITM***

*Soutenue publiquement le 23 février 2001 devant le jury composé de :*

**M. M. SOTTON  
M. B. THIBAUT  
M. M. RENNER  
M. J.-F. LEMAGNEN  
M. B. BACHELIER  
M. R. FRYDRYCH  
M. J.-Y. DREAN**

**Rapporteur  
Rapporteur  
Examineur  
Examineur  
Examineur  
Codirecteur de thèse  
Directeur de thèse**

**PERSONNES HABILEES A DIRIGER LES RECHERCHES**  
**AU 1er SEPTEMBRE 2000**

NOMS, PRENOMS	Section CNU	INTITULE	UFR
ADOLPHE Dominique	60	Mécanique, génie mécanique, génie civil	ENSITM
DREAN Jean Yves	60	Mécanique, génie mécanique, génie civil	ENSITM
DUPUIS Dominique	60	Mécanique, génie mécanique, génie civil	ENSITM
RENNER Marc	60	Mécanique, génie mécanique, génie civil	ENSITM
VIALIER-RAYNARD Pierre	60	Mécanique, génie mécanique, génie civil	ENSITM
AMBS Pierre	61	Génie informatique, automatique et traitement du signal	ESSAIM
AUBRY Evelyne	60	Mécanique, génie mécanique, génie civil	ESSAIM
BINDER Gérard	61	Génie informatique, automatique et traitement du signal	ESSAIM
GISSINGER Gérard	61	Génie informatique, automatique et traitement du signal	ESSAIM
HASSENFORDE Michel	61	Génie informatique, automatique et traitement du signal	ESSAIM
SCHMITT François-Marie	61	Génie informatique, automatique et traitement du signal	ESSAIM
THIRION Bernard	61	Génie informatique, automatique et traitement du signal	ESSAIM
BOLMONT Dominique	28	Milieux denses et matériaux	FST
BRILLARD Alain	26	Mathématiques appliquées et applications des mathématiques	FST
BRIGHI Bernard	26	Mathématiques appliquées et applications des mathématiques	FST
BORDEMANN Martin	25	Mathématiques	FST
CHEZEAU Jean-Michel	31	Chimie théorique, physique, analytique	FST
DELFOSSÉ Lucien	62	Energétique, génie des procédés	FST
DURAND Bernard	60	Mécanique, génie mécanique, génie civil	FST
EHRBURGER Pierre	62	Energétique, génie des procédés	FST
GABELICA Zelimir	32	Chimie organique, minérale, industrielle	FST
GEWINNER Gérard	28	Milieux denses et matériaux	FST
GILOT Patrick	62	Energétique, génie des procédés	FST
GOZE Michel	25	Mathématiques	FST
GRESSER Julien	61	Génie informatique, automatique et traitement du signal	FST
HANGAN Théodore	25	Mathématiques (EMERITE du 1/9/2000 au 31/8/2002)	FST
KALT André	35	Structure et évolution de la Terre et des autres planètes	FST
KHAKIMDJANOV You	25	Mathématiques	FST
KUBLER Lucien	28	Milieux denses et matériaux	FST
LAHAYE Jacques	31	Chimie théorique, physique, analytique	FST
LAVILLE-SAINT-MARTIN Bernard	30	Milieux dilués et optique	FST
LE DRED Ronan	35	Structure et évolution de la Terre et des autres planètes	FST
LOEGEL Bernard	28	Milieux denses et matériaux	FST
LUTZ Robert	25	Mathématiques	FST
METZGER Gérard	61	Génie informatique, automatique Traitement signal	FST
MUCKENSTURM Bernard	32	Chimie organique, minérale, industrielle	FST
PIRRI Carmelo	28	Milieux denses et matériaux	FST
ROTH Jean-Pierre	26	Mathématiques appliquées et applications des mathématiques	FST
SARI Tewfi	25	Mathématiques	FST
SCHULTZ Jacques	33	Chimie des matériaux	FST
GUTH Jean-Louis	33	Chimie des matériaux (EMERITE du 1/9/99 au 31/8/2001)	FST
SPEHNER Jean-Claude	27	Informatique	FST
STAUFFER Louise	28	Milieux denses et matériaux	FST
URBAN Jean-Philippe	61	Génie informatique, automatique Traitement signal	FST
WENDLING Serge	27	Informatique	FST
ACCARY Armand	62	Energétique, Génie des procédés	ENSCMu
CAULLET Philippe	32	Chimie organique, minérale, industrielle	ENSCMu
DONNET Jean-Baptiste	33	Chimie des matériaux (EMERITE du 1/10/2000 au 30/9/2002 ENSCMu)	ENSCMu
DUMAS Philippe	33	Chimie des matériaux	ENSCMu
EUSTACHE Jacques	32	Chimie organique, minérale, industrielle	ENSCMu
FLEURY Jean-Pierre	32	Chimie organique, minérale, industrielle (EMERITE du 1/02/2001 au 31/01/2003 ENSCMu)	ENSCMu
FOUASSIER Jean-Pierre	31	Chimie, théorique, physique, analytique	ENSCMu
JACQUES Patrice	31	Chimie, théorique, physique, analytique	ENSCMu
LE DRIAN Claude	32	Chimie organique, minérale, industrielle	ENSCMu
LOUATI Alain	31	Chimie, théorique, physique, analytique	ENSCMu
NEUNLIST Serge	32	Chimie organique, minérale, industrielle	ENSCMu
PENIGAULT Edouard	31	Chimie, théorique, physique, analytique	ENSCMu
STREITH Jacques	32	Chimie organique, minérale, industrielle	ENSCMu
RIESS Gérard	33	Chimie des matériaux (EMERITE du 1.9.99 au 31.08.2001 ENSCM)	ENSCMu



NOMS, PRENOMS	Section CNU	INTITULE	UFR
BLAES Rainer	29	Constituants élémentaires	IUTC
FABRE Bernard	62	Energétique, génie des procédés	IUTC
HUSS Daniel	29	Constituants élémentaires	IUTM
JACQUEY Serge	61	Génie informatique, automatique Traitement signal	IUTM
LIENHARD Claude	1	Droit Privé et Sciences Criminelles	IUTC
MERCKLE Jean	61	Génie informatique, automatique Traitement signal	IUTM
MEYER Jean-Marie	61	Génie informatique, automatique Traitement signal	IUTM
SCHULTZ Guy	63	Electronique, optronique et systèmes	IUTM
TUILIER Marie Hélène	28	Milieux denses et matériaux	IUTM
WALTER Bernard	65	Biologie Cellulaire	IUP BIOL

### 1.2 Professeurs d'Université LETTRES - DROIT

BAUDEMONT Suzanne	11	Langues et littératures anglaises (EMERITE du 1.9.99 au 31.8.2001)	FLSH
BEYER Roland	10	Littératures comparées - EMERITE du 1/9/99 au 31/8/2001	FLSH
BLOCH Peter	12	Langues et littératures germaniques et scandinaves	FLSH
COUDRY Marianne	21	Histoire et civilisations : mondes anciens et mondes médiévaux de l'art.	FLSH
DE POLI Luigi	14	Langues et littératures romanes : italien (Habileté)	FSES
FAURE Michel	11	Langues et littératures anglaises et anglo-saxonnes	FLSH
FLUCK Pierre	72	Epistémologie, histoire des Sc.et Techniques	FLSH
FREYBURGER M.Laure	8	Langues et littératures anciennes	FLSH
HUDLETT Albert	12	Langues et littératures germaniques et Scandinaves	FLSH
HURE Jacques	10	Littératures comparées - EMERITE du 1/9/99 au 31/8/2001	FLSH
KAMMERER Odile	21	Histoire et civilisations : mondes anciens et mondes médiévaux de l'art.	FLSH
KELLER André	5	Sciences Economiques	FSES
LYSOE Eric	10	Littératures comparées	FLSH
MAULIN Eric	2	Droit Public	FSES
MOSSER François	11	Langues et Littératures anglaises et anglo-saxonnes - EMERITE du 1/9/99 au 31/8/2001	FLSH
REMORQUET Jack	70	Sciences de l'Education	IUPC
Mle REMIGY Marie-Josée	70	Sciences de l'Education	CUFEF
ROUSVOAL Jacques	70	Sciences de l'Education (Habileté)	CUFEF
SALMON Gilbert	9	Langues et littératures françaises	FLSH
VAN DE KERKHOVE Sophie	9	Langues et littératures françaises	FLSH

### 1.3 Assimilés Professeurs d'Université

BRENDLE Marcel		Tribologie	CNRS
NARDIN Michel		Systèmes moléculaires complexes	CNRS
PAPIER Eugène		Systèmes moléculaires complexes	CNRS
SIFFERT Bernard		Systèmes moléculaires complexes	CNRS
VIDAL Alain		Systèmes moléculaires complexes	CNRS

DECKER Christian		Systèmes moléculaires complexes	ENSCMu
KESSLER Henri		Elements de transition, interfaces et catalyse	ENSCMu
LOUGNOT Daniel Joseph		Molécules, structures et interactions	ENSCMu
PATARIN Joël		Chimie minérale	ENSCMu

### 1.4 Maîtres Conférences (Docteurs d'Etat ou habilités)

APERY François	25	Mathématiques (Habileté)	FST
BRILHAC J.François	62	Energétique, génie des procédés (Habileté)	FST
BROGLY Maurice	33	Chimie des Matériaux (Habileté)	FST
HAMIEH Tayssir	33	Chimie des Matériaux (Habileté)	FST
KLEIN Robert	61	Génie informatique, automatique Traitement signal	FST
LALLAM Abdelaziz	33	Chimie des matériaux	ENSITM
MARTZ Pierre	33	Chimie des Matériaux	FST
RIEDINGER Michel	29	Constituants élémentaires	FST
TROUVE Gwenaëlle	62	Energétique, génie des procédés (Habileté)	FST
WETZEL Patrick	28	Milieux denses et matériaux (Habileté)	FST

ANDERSON Patrick	7	Sciences du langage : linguistique et phonétique générales (Habileté)	FLSH
GALDERISI Claudio	9	Langues et littératures françaises (Habileté)	FLSH
HEYBERGER Bernard	22	Histoire et Civilisations : histoire des mondes modernes (Habileté)	FLSH
POLIZZI Gilles	9	Langues et littératures françaises (Habileté)	FLSH
SCHEUBEL Joseph	5	Sciences Economiques	FSES

NOMS, PRENOMS	Section CNU	INTITULE	UFR
ALEBOYEH Azam	62	Energétique, Génie des procédés	ENSCMu
ALEBOYEH Hamied	62	Energétique, Génie des procédés	ENSCMu
HURTREZ Guy	33	Chimie des matériaux	ENSCMu
RONDEAU Céline	32	Chimie organique, minérale, industrielle (Habilitation)	ENSCMu
WALTER Serge	31	Chimie théorique, physique, analytique	ENSCMu
ABADIE Jean-Pierre	6	Sciences de gestion	IUTC
FEUERBACH Marie-France	1	Droit privé et sciences criminelles (Habilitation)	IUTC
NOSAL Claude	70	Sciences de l'Education (Habilitation)	IUT C
STAUB Materne	2	Droit public	IUTC
AUCHTER Gérard	1	Droit privé et sciences criminelles	IUTM
GROHENS Yves	33	Chimie des matériaux	IUTM
ECKENSCHWILLER Michèle	70	Sciences de l'Education	SERFA

### 1.5 Assistants et autres enseignants (Docteurs d'Etat ou habilités)

FURSTENBERGER Roland		Chimie	IUT
JUNG Paul	2	Droit public	IUT
WANG Tong Kuan	33	Chimie des matériaux (Habilitation)	ENSCM

### 2. Chargés de Recherche, Ingénieurs d'Etudes, etc .... (Docteurs d'Etat ou habilités)

#### 2.1 C.N.R.S

BALARD Henri		Systèmes moléculaires complexes	CNRS
EHRBURGER Françoise		Elements de transition, interfaces et catalyse	CNRS
HAIDAR Bassef		Systèmes moléculaires complexes	CNRS
HAIDARA Hamidou		Systèmes moléculaires complexes	CNRS
JADA Amane		Systèmes moléculaires complexes	CNRS
REITER Gunter		Systèmes moléculaires complexes	CNRS
VALLAT Marie France		Systèmes moléculaires complexes	CNRS
VIX Cathie		Elements de transition, interfaces et catalyse	CNRS

#### 2.2 ENSCMu

BARON Jacques		Sciences Terre et Synthèse minérale ; Chimie Anal.	ENSCMu
BISSERET Philippe		Chimie organique	ENSCMu
DEFOIN Albert		Chimie organique	ENSCMu
LAVIELLE Lisette		Systèmes moléculaires complexes	ENSCMu
MORLET-SAVARY Christiane		Chimie physique	ENSCMu
SOULARD Michel		Elements de transition, Interface et Catalyse	ENSCMu
TSCHAMBER Théophile		Chimie organique	ENSCMu



**AVANT-PROPOS**

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier sincèrement Monsieur J.-Y. Dréan, professeur à l'ENSITM, Ecole Nationale Supérieure des Industries Textiles de Mulhouse, pour avoir d'une part accepté de diriger cette thèse, et d'autre part accordé ses précieux conseils et encouragements tout au long de mes travaux. Je lui témoigne toute ma gratitude.

Il m'est particulièrement agréable de remercier Monsieur J.-P. Gourlot, pour son soutien, son amitié et pour l'intérêt et le suivi régulier qu'il a apporté à mes travaux de recherche. Que Messieurs R. Frydrych, B. Bachelier, G. Gawrysiak et M. Giner trouvent ici l'expression de ma chaleureuse reconnaissance pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail et l'attention amicale qu'ils m'ont témoignée.

Si ce travail a pu être réalisé dans d'excellentes conditions, c'est grâce à l'accueil chaleureux que m'ont réservé tous les agents du Laboratoire de Technologie Cotonnière. Je tiens à exprimer ma gratitude à Mesdames M. Vialle, C. Brunnissen, S. Duplan, V. Vialettes, C. Marquié et D. Braye. Que Messieurs S. Lassus, J.C. Nieweadomsky et P. Francalanci trouvent l'expression de ma sincère reconnaissance pour m'avoir fait partager leurs compétences et apporté leur aide.

Mes chaleureux remerciements s'adressent également à Monsieur J.-P. Deguine pour son soutien et à Madame H. Guillemain pour son amabilité et son aide.

Mes sincères remerciements s'adressent également à Monsieur E. Héquet qui m'a accordé son soutien et sa confiance tout au long de ce travail. Que Monsieur J.-L. Chanselme soit remercié pour l'intérêt qu'il a porté à mes travaux.

Je tiens à remercier Monsieur E. Gozé pour son aide précieuse et pour les conseils et les discussions fructueuses qu'il m'a accordées.

Je souhaite exprimer ma profonde reconnaissance à Messieurs M. Sotton et Monsieur B. Thibaut qui ont accepté de juger ce travail et d'en être les rapporteurs. Je voudrais également exprimer ma gratitude à Messieurs M. Renner et J.-F. Lemagnen pour avoir accepté d'examiner ce travail et d'être membres du jury.

Mes remerciements s'adressent également aux stagiaires de l'ENSITM, Messieurs S. Fraticelli, M. Yin et V. Vydelingum qui ont contribué à la réalisation de ce travail en apportant, avec grande motivation, leur appui dans différentes expérimentations.

Je dédie avec respect et affection l'ensemble de ce travail à mes parents, à mes frères et sœurs ainsi qu'à mon amie Bénédicte pour leur soutien, leurs encouragements et leur patience.



## LISTE DES ABREVIATIONS

AFIS	: Advanced Fiber Information System
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BSI	: British Standard Institution
CATI	: Counting Apparatus for Trash and Impurities
CIRAD	: Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (Montpellier, France)
CIRAD-CA	: Département des Cultures Annuelles du CIRAD (Montpellier, France)
FCT	: Fiber Contamination Tester
FMT	: Fineness Maturity Tester
HVI	: High Volume Instrument
ICAC	: International Cotton Advisory Committee
ITC	: International Textile Center (Lubbock, TX, USA)
ITMF	: International Textile Manufacturers Federation (Zürich, Suisse)
ITT	: Institute of Textile Technology (Charlottesville, Virginia, USA)
LTC	: Laboratoire de Technologie Cotonnière du CIRAD-CA (Montpellier, France)
OE	: Open End
RS	: Ring Spun
SISTER	: Système d'Information pour le Stockage et l'Evaluation des Résultats
SCF	: Seed Coat Fragments
SCF	: Seed Coat Nep
USDA	: United States Department of Agriculture
UT3	: Uster® Tester 3

## Variables technologiques de la fibre

H	: finesse linéique (mtex)
Hs	: finesse standard (mtex)
IM	: Indice Micronaire (ou complexe maturité-finesse)
MR	: Maturity Ratio = $H / H_s$
Rd	: réflectance (%) au colorimètre
+b	: indice de jaune au colorimètre
ML	: Mean Length (mm)
UHML	: Upper Half Mean Length (mm)
UI	: Uniformity Index (%) $100 \times ML / UHML$
TEN	: ténacité (g/tex)
EL	: allongement (%)
VFM	: Visible Foreign Matter (%)

## Avertissement

Les matériels cités dans ce document sont ceux auxquels nous avons eu accès.  
Leur mention ne constitue pas une recommandation exclusive

## LISTE DES FIGURES

- Figure I-1 : Zones de culture cotonnière dans le monde (d'après Matthews, 1989).
- Figure I-2 : Évolution de la surface cotonnière, du rendement et de la production mondiale de fibre (d'après ICAC, 1999b).
- Figure I-3 : Principaux pays producteurs et exportateurs de fibre de coton en 1999/2000 (d'après ICAC, 1999b; c et d).
- Figure I-4 : Phases de développement du cotonnier (Cirad, 1994).
- Figure I-5 : Développement du fruit du cotonnier *G. hirsutum* (Cirad, 1994).
- Figure I-6 : Propreté du coton-graine selon le mode de récolte (clichés J.L.Chanselme)
- Figure I-7 : Récolteuses mécaniques (clichés J.-L. Chanselme).
- Figure I-8 : Schéma d'une égreneuse à rouleau (Parry, 1981).
- Figure I-9 : Schéma d'une égreneuse à scies (Parry, 1981).
- Figure I-10 : Coupe longitudinale de deux graines de coton, glanded et glandless (Archives Cirad-ca).
- Figure I-11 : Développement de la fibre de coton à partir de l'anthèse (d'après Roehrich, 1947a).
- Figure I-12 : Coupe longitudinale schématique d'une fibre de coton (Parry, 1981).
- Figure I-13 : Coupe schématique de fibres immatures à très mûres ; dessèchement et aplatissement des fibres après ouverture de la capsule (d'après Roehrich, 1947b et Jacquemart, 1953).
- Figure I-14 : Vue microscopique de sections de fibres mûres (Desplans, 1996).
- Figure I-15 : Interprétations du fibrogramme (Gourlot, 1997).
- Figure I-16 : Représentation schématique d'une usine de filature de coton cardé, principales étapes du processus.
- 
- Figure II-1 : Classification des neps du fil (clichés R. Frydrych).
- Figure II-2 : Pied de la fibre (Waterkeyn, 1987a).
- Figure II-3 : Coupe longitudinale de la graine au niveau de la chalaze - Vue au microscope électronique à balayage du tissu du mésophyle externe (clichés J. Desplans).
- Figure II-4 : Arrachement de la coque (-a-) et graine cassée (-b-) (clichés B. Bachelier).
- Figure II-5 : Représentation schématique du principe de fonctionnement de l'AFIS® (d'après Jones et Baldwin, 1995).
- Figure II-6 : Identification du type de neps en analyse détaillée sur UT3 (cliché R. Frydrych).
- Figure II-7 : Mini-carde ; ouvraison et cardage des échantillons de fibre (cliché R. Frydrych).
- Figure II-8 : Principe de reconnaissance des impuretés sur Trashcam.
- Figure II-9 : Écran de résultats Trashcam.
- Figure II-10 : Paramètres morphologiques mesurés par Trashcam.
- Figure II-11 : Débris de coques sur tissu écru.



- Figure III-1 : Relation entre le comptage des SCF par Trashcam et des SCN par AFIS.
- Figure III-2 : Comparaison entre les comptages des SCF par Trashcam et des SCN par AFIS.
- Figure III-3 : Décomposition du nombre global des neps +200% sur fil RS 20tex.
- Figure III-4 : Décomposition du nombre global des neps +280% sur fil OE 20tex.
- Figure III-5 : Variation du comptage AFIS des SCN après individualisation des fibres par l'ouvreur OE.
- Figure III-6 : Régression linéaire, nombre de neps coque (UT3 +200%) sur fil RS 20 tex en fonction du comptage des SCF par Trashcam sur nappe de carde.
- Figure III-7 : Régression linéaire, nombre de neps coque (UT3 +200%) sur fil RS 20 tex en fonction du comptage AFIS sur nappe de carde.
- Figure III-8 : Points gros en fonction du comptage Trashcam sur nappe de carde (fil RS 20 tex).
- Figure III-9 : Points gros en fonction du comptage Trashcam sur nappe de carde (fil OE 20 tex).
- Figure III-10 : Relation entre la charge spécifique à la rupture (cN/tex) du fil RS 20 tex et le comptage Trashcam sur nappe de carde.
- Figure III-11 : Relation entre la charge spécifique à la rupture (cN/tex) du fil OE 20 tex et le comptage Trashcam sur nappe de carde.
- Figure III-12 : Représentation schématique du plan d'expérimentations.
- 
- Figure IV-1 : Classification visuelle des diverses impuretés rencontrées dans le voile de carde (19 cotons classés par charge croissante en impuretés).
- Figure IV-2 : Débris de tiges détectés et caractérisés sur CATI-V5.
- Figure IV-3 : Rapport Surfaique selon le type d'impureté ( SCF et débris de tige).
- Figure IV-4 : Rapport dimensionnel selon le type d'impureté ( SCF et débris de tige).
- Figure IV-5 : Effet de la résolution et du contraste de prise d'image sur le comptage Trashcam
- Figure IV-6 : Relation entre les comptages visuel et par analyse d'image des SCF sur voile de carde
- Figure IV-7 : Comparaison des moyennes des comptages Trashcam
- Figure IV-8 : Relation entre les comptages Trashcam obtenus avec différents paramètres d'analyse.
- Figure IV-9 : Préparation d'une image pour la mesure de la quantité de fibres attachées aux SCF.
- Figure IV-10 : Exemples des divers types de SCF rencontrés dans le voile de carde au cours des expérimentations.
- Figure IV-11 : Relation entre la classification visuelle des SCF (3 classes de quantité de fibres attachées) et les résultats de la quantification par Analyra.
- Figure IV-12 : Relation entre les effectifs des classes de longueur de fibres attachées aux SCF obtenus par Analyra et par classification visuelle ( $L < 5$  mm vs. Classe A).
- Figure IV-13 : Relation entre les effectifs des classes de longueur de fibres attachées aux SCF obtenus par Analyra et par classification visuelle ( $L > 20$  mm vs. Classe C).
- Figure IV-14 : Relation entre la quantité de fibres attachées et la taille du fragment de coque (transformée Logarithme)
- Figure IV-15 : Différence (%) entre le comptage visuel et le comptage Trashcam en 100 dpi et à différents contrastes de prise d'image.
- Figure IV-16 : Variation de la différence entre le comptage visuel et Trashcam pour trois cotons de couleur différente (plaquettes type1).

- Figure IV-17 : Variation de la différence entre le comptage visuel et Trashcam pour trois cotons de couleur différente (plaquettes sélectionnées).
- Figure IV-18 : Relation entre les comptages Trashcam et visuel sur plaquettes de fil RS 20 tex.
- Figure IV-19 : Relation entre les comptages Trashcam et visuel réalisés sur plaquettes de fil OE 20 tex - contraste de prise d'image = 206.
- Figure IV-20 : Relation entre les comptages Trashcam et visuel réalisés sur plaquettes de fil OE 20 tex - contraste de prise d'image = 200.
- Figure IV-21 : Comparaison des comptages Trashcam sur fils RS et OE 20 tex.
- Figure IV-22 : Moyennes par coton des surfaces apparentes des SCF détectés par Trashcam sur plaquettes de fil.
- Figure IV-23 : Distributions empiriques des tailles des SCF sur plaquettes de fil RS et OE (mesure Trashcam).
- Figure IV-24 : Relation entre le nombre de neps coques +200% détectés en analyse détaillée sur UT3 et le comptage Trashcam sur fil RS 20 tex.
- Figure IV-25 : Relation entre le nombre de neps coques +280% détectés en analyse détaillée sur UT3 et le comptage Trashcam sur fil OE 20 tex.
- Figure IV-26 : Comparaison des niveaux de comptages Trashcam sur plaquettes de fil et UT3 (neps coques au seuil +200%), cas du fil RS 20 tex.
- Figure IV-27 : Comparaison des niveaux de comptages Trashcam sur plaquettes de fil et UT3 (neps coques au seuil +280%), cas du fil OE 20 tex.
- 
- Figure V-1 : Procédure hiérarchisée de l'expérimentation en micro-filature prélèvements et analyses.
- Figure V-2 : Banc d'étirage de laboratoire, alimentation par pots (cliché R. Frydrych).
- Figure V-3 : Continu à filer à double étirage (cliché R. Frydrych).
- Figure V-4 : Déchets retenus par les chapeaux de carde (cliché R. Frydrych).
- Figure V-5 : Intervalles de confiance en fonction de la proportion de SCF dans les défauts observés en analyse détaillée du fil sur régularimètre UT3 ( $\alpha=0,05$  ; effectif minimal = 100 ; nombre minimal de SCF = 30).
- Figure V-6 : Moyennes par coton de la longueur des fibres attachées aux SCF (mesure par squelettisation)
- Figure V-7 : Relation entre le comptage par analyse d'image sur voile de carde et sur voile d'ouvreuse (transformée racine carrée)
- Figure V-8 : Variation du nombre de SCN après passage à la carde.
- Figure V-9 : Comparaison des tailles moyennes des SCN détectés par AFIS avant et après cardage.
- Figure V-10 : Variation après cardage du nombre d'impureté diverses selon les comptages AFIS
- Figure V-11 : Relation entre le degré d'élimination des SCN (comptages AFIS) et la quantité de fibres attachées.
- Figure V-12 : Relation entre le comptage des SCN par AFIS et des SCF par Trashcam (sortie d'ouvreuse).
- Figure V-13 : Relation entre le comptage des SCN par AFIS et des SCF par Trashcam (sortie de carde).
- Figure V-14 : Comptages Trashcam / g avant et après passage à la carde.
- Figure V-15 : Distribution des surfaces moyennes obtenues par Trashcam sur les voiles testés (347 voiles).



- Figure V-16 : Relation entre la variance et la moyenne de la surface en mm<sup>2</sup> des SCF détectés par Trashcam dans les voiles d'ouvreuse.
- Figure V-17 : Relation entre la variance et la moyenne de la surface en mm<sup>2</sup> des SCF détectés par Trashcam dans les voiles de carde.
- Figure V-18 : Ajustement graphique à une loi exponentielle de la distribution de la taille des SCF détectés par Trashcam à la sortie de la carde.
- Figure V-19 : Distribution de la taille des SCF présents dans la fibre avant et après cardage et dans les déchets des chapeaux de la mini-carde.
- Figure V-20 : Comptage Trashcam avant et après cardage (échantillons prélevés sur matériel industriel)
- Figure V-21 : Distribution des surfaces moyennes obtenues par Trashcam sur les voiles testés (échantillons prélevés sur matériel industriel).
- Figure V-22 : Distribution de la taille de SCF présents dans la fibre avant et après cardage (échantillons prélevés sur matériel industriel).
- Figure V-23 : Distributions comparées de la taille moyenne par voile des SCF détectés par Trashcam avant et après passage à la mini-carde et à la carde industrielle.
- Figure V-24 : Relation entre le comptage Trashcam dans le ruban d'étirage (avant condensation) et dans le voile de carde.
- Figure V-25 : Surface moyenne (mm<sup>2</sup>) des SCF détectés par Trashcam avant et après passage au banc d'étirage.
- Figure V-26 : Relation entre le comptage visuel et le comptage Trashcam sur plaquettes de fil RS 27 tex.
- Figure V-27 : Relation entre le comptage visuel et le comptage Trashcam sur plaquettes de fil RS 37 tex.
- Figure V-28 : Relation entre les comptages Trashcam sur fil RS 20 tex et sur voiles de carde.
- Figure V-29 : Relation entre les comptages Trashcam sur fil RS 27 tex et sur voiles de carde.
- Figure V-30 : Relation entre les comptages Trashcam sur fil RS 37 tex et sur voiles de carde.
- Figure V-31 : Distribution de la taille des SCF détectés par Trashcam dans les voiles de carde et sur plaquettes de fil RS 20 tex.
- Figure V-32 : Distribution de la taille des SCF détectés par Trashcam sur les plaquettes de fil RS 20, 27 et 37 tex.
- Figure V-33 : Effet de la modification du contraste sur le comptage Trashcam sur plaquettes de fil 20 tex (diagrammes en boîte, cf. § IV.1.2.1)
- Figure V-34 : Décomposition de la nepposité du fil pour les trois titres ; contribution relative (%) des SCF dans les neps détectés au seuil +200%.
- Figure V-35 : Décomposition des points gros (+50%) du fil RS 20, 27 et 37 tex ; contribution relative des SCF (%).
- Figure V-36 : Nombre/km des neps +200% provoqués par des SCF pour les trois titres du fil.
- Figure V-37 : Nombre/km des points gros +50% provoqués par des SCF pour les trois titres du fil.
- Figure V-38 : Distributions comparées de la taille (mm<sup>2</sup>) des SCF associés aux imperfections régularimétriques du fil (neps et points gros) et de la gamme globale des SCF présent dans le fil RS 20 tex (mesure Trashcam).
- Figure V-39 : Distributions comparées de la taille (mm<sup>2</sup>) des SCF associés aux imperfections régularimétriques du fil (neps et points gros) et de la gamme globale des SCF présent dans le fil RS 27 tex (mesure Trashcam).
- Figure V-40 : Distributions comparées de la taille (mm<sup>2</sup>) des SCF associés aux imperfections régularimétriques du fil (neps et points gros) et de la gamme globale des SCF présent dans le fil RS 37 tex (mesure Trashcam).

- Figure V-41 : Variation en fonction du titre du fil de la taille moyenne des SCF ( $\text{mm}^2$ , mesure Trashcam) responsables de la présence de neps (+200%) et de points gros (+50%) dans le fil.
- Figure V-42 : Relation entre la taille ( $\text{mm}^2$ ) des SCF ayant provoqué des points gros dans le fil 20 tex et la longueur des fibres attachée.
- Figure V-43 : Quelques exemples de SCF ayant provoqué des neps et des points gros dans le fil RS.
- Figure V-44 : Vue microscopique d'un SCF se trouvant à la périphérie du fil.
- Figure V-45 : Vue microscopique d'un SCF se trouvant à l'intérieur du fil.
- Figure V-46 : Relation entre la régularité du fil RS 20 tex (CV%) et le nombre de neps +200%.
- Figure V-47 : Relation entre la régularité du fil RS 20 tex (CV%) et le nombre de points gros +50%.
- Figure V-48 : Relation entre la résistance du fil RS 20 tex (charge spécifique à la rupture (cN/tex)) et le nombre de neps +200%.
- Figure V-49 : Relation entre la résistance du fil RS 20 tex (charge spécifique à la rupture (cN/tex)) et le nombre de points gros +50%.
- Figure V-50 : Relation entre les nombres de SCF détectés par Trashcam sur les fils issus de deux générations de continu à filer.
- 
- Figure VI-1 : SCF sur le fil, casse sur dynamomètre fil à fil.
- Figure VI-2 : Représentation schématique du mode opératoire de l'expérimentation par soustraction des SCF.
- Figure VI-3 : Comptages des neps fibres par AFIS avant et après soustraction des SCF.
- Figure VI-4 : Variation du nombre de neps « +140% à +200% » après retrait des SCF (fil RS 20 tex).
- Figure VI-5 : Variation du nombre de neps « +200% à +280% » après retrait des SCF (fil RS 20 tex).
- Figure VI-6 : Variation du nombre de neps +280% après retrait des SCF (fil RS 20 tex).
- Figure VI-7 : Variation du nombre de points gros après retrait des SCF (fil RS 20 tex).
- Figure VI-8 : Variation du nombre des points minces (-50%) après soustraction des SCF (fil RS 20 tex).
- Figure VI-9 : Relation entre le nombre de points minces et de points gros détectés par UT3 sur du fil RS 20 tex.
- Figure VI-10 : Relation entre la variation du nombre de points minces et celle du nombre de points gros après soustraction des SCF.
- Figure VI-11 : Relation entre la variation de ténacité du fil après soustraction des SCF et la ténacité des fibres (HVI).
- Figure VI-12 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 3 avant et après soustraction de SCF (fil RS 20 tex).
- Figure VI-13 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 4 avant et après soustraction de SCF (fil RS 20 tex).
- Figure VI-14 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 2 avant et après soustraction de SCF (fil RS 20 tex).
- Figure VI-15 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 1 avant et après soustraction de SCF (fil RS 20 tex).
- Figure VI-16 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 5 avant et après soustraction de SCF (fil RS 20 tex).



- Figure VI-17 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 6 avant et après soustraction de SCF (fil RS 20 tex).
- Figure VI-18 : Effet des SCF sur la résistance du fil : récapitulation.
- Figure VI-19 : Charge spécifique à la rupture de segments de fil du coton « a » contenant ou pas des SCF au centre ; courbe Quantile-Quantile empirique.
- Figure VI-20 : Charge spécifique à la rupture de segments de fil du coton « b » contenant ou pas des SCF au centre ; courbe Quantile-Quantile empirique.
- Figure VI-21 : Relation entre la résistance du fil (RS 20 tex) et la quantité de SCF détectée par Trashcam (gamme des 105 cotons).
- Figure VI-22 : Relation entre la résistance du fil (RS 20 tex) et la quantité de SCF détectée par Trashcam (gamme des 35 cotons de « basse qualité »).
- Figure VI-23 : Relation entre la résistance du fil (RS 20 tex) et la quantité de SCF détectée par Trashcam (gamme des 70 cotons de « bonne qualité »).
- Figure VI-24 : Nombre de neps « +140% à +200% » en présence et en absence de SCF (fil OE 20 tex).
- Figure VI-25 : Nombre de neps « +200% à +280% » en présence et en absence de SCF (fil OE 20 tex).
- Figure VI-26 : Nombre de neps « +280% » en présence et en absence de SCF (fil OE 20 tex).
- Figure VI-27 : Nombre de points gros en présence et en absence de SCF (fil OE 20 tex).
- Figure VI-28 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 3 avant et après soustraction de SCF (fil OE 20 tex).
- Figure VI-29 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 2 avant et après soustraction de SCF (fil OE 20 tex).
- Figure VI-30 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 1 avant et après soustraction de SCF (fil OE 20 tex).
- Figure VI-31 : SCF prélevés dans le voile et dans les déchets de carde.
- Figure VI-32 : SCF incorporés dans le ruban de coton peigné.
- Figure VI-33 : Schéma de principe de la mesure de la tension du fil en cours de formation
- Figure VI-34 : Comptage des différents types de défauts de régularité dans le fil témoin et dans le fil ensemencé par les SCF « PFC ».
- Figure VI-35 : Comptage des différents types de défauts de régularité dans le fil témoin et dans le fil ensemencé par les SCF « PFL ».
- Figure VI-36 : Comptage des différents types de défauts de régularité dans le fil témoin et dans le fil ensemencé par les SCF « GFC ».
- Figure VI-37 : Comptage des différents types de défauts de régularité dans le fil témoin et dans le fil ensemencé par les SCF « GFL ».
- Figure VI-38 : Variation relative par rapport au témoin des différents types d'imperfections régularimétriques du fil en fonction de la classe de SCF ensemencés.
- Figure VI-39 : Proportion de casses du fil au niveau du SCF en fonction de la masse moyenne de chacune des classes de SCF ensemencés.
- Figure VI-40 : Faciès de rupture du fil au point d'insertion des SCF (classe GFL et GFC).

## LISTE DES TABLEAUX

- Tableau III-1 : Gamme des principales caractéristiques des fibres et du fil.
- Tableau III-2 : Modèle de régression multiple, charge spécifique à la rupture du fil RS 20 tex en fonction des propriétés technologiques des fibres et des comptage des SCF.
- Tableau III-3 : Modèle de régression multiple, charge spécifique à la rupture du fil OE 20 tex en fonction des propriétés technologiques des fibres et des comptage des SCF.
- Tableau III-4 : Propriétés technologiques de la gamme d'échantillons étudiés.
- 
- Tableau IV-1 : Moyennes et percentiles des distributions des rapports surfacique et dimensionnel dans le cas des SCF et des débris de tiges.
- Tableau IV-2 : Comparaison de variances des comptages visuels et par analyse d'image.
- Tableau IV-3 : Estimation et niveau de signification des paramètres de régression linéaire (comptage visuel vs. Analyse d'image sur voile de carde, transformés racine carrée)
- Tableau IV-4 : Test de comparaison par observations appariées, comptage visuel et par analyse d'image.
- Tableau IV-5 : Estimation et niveau de signification des paramètres de régression linéaire (Trashcam sur plaquettes de fil RS 20 tex vs. comptage visuel, transformés racine carrée)
- Tableau IV-6 : Test de Wilcoxon ; effet de la modification du contraste sur la mesure de la taille apparente des SCF sur plaquettes de fil OE 20 tex.
- Tableau IV-7 : Test de Wilcoxon ; comparaison au sein de chaque coton des distributions de taille apparente des SCF sur fil RS et OE 20 tex.
- Tableau IV-8 : Test de Wilcoxon ; différence inter-cotons des distributions de taille apparente des SCF sur fil RS et OE 20 tex.
- 
- Tableau V-1 : Résumé des résultats Trashcam obtenus sur 19 cotons (moyennes par coton)
- Tableau V-2 : Tableau d'analyse de variance : variation du nombre de SCN après ouvraison
- Tableau V-3 : Tableau d'analyse de variance : variation du nombre de SCN après cardage
- Tableau V-4 : Variation du nombre de SCF après cardage, Modèle Log-Linaire (analyse type III).
- Tableau V-5 : Test de Kolmogorof et Smirnov ; ajustement de la distribution empirique de la taille des SCF à une loi exponentielle.
- Tableau V-6 : Estimation des paramètres de régression linéaire (comptage Trashcam sur ruban d'étirage vs. voile de carde, transformés racine carrée)
- Tableau V-7 : Test de Wilcoxon ; comparaison de la taille des SCF détectés par Trashcam dans le ruban d'étirage et dans le voile de carde.
- Tableau V-8 : Estimation des paramètres de régression linéaire (comptage visuel vs. comptages Trashcam sur plaquettes de fil RS 27 et 37 tex).
- Tableau V-9 : Estimation des paramètres de régression linéaire (comptage Trashcam sur plaquettes de fil RS 20, 27 et 37 tex vs. comptages Trashcam sur voiles de carde).
- Tableau V-10 : Comparaison par observations appariées, quantité de SCF dans le voile de carde - quantité de SCF dans le fil (SCF/g, transformés racine carrée).
- Tableau V-11 : Coefficients de corrélation entre la longueur de fibres attachées aux SCF et la taille moyenne (mesure Trashcam) des SCF ayant engendré des défauts détectés par UT3.



Tableau V-12 : Estimation des paramètres de régression linéaire (comptage Trashcam sur plaquettes de fil, Continu à filer nouvelle génération vs. Ancienne génération).

Tableau V-13 : Test de comparaison par observations appariées, différence entre le nombre de SCF présents dans les fils issus de deux générations de Continu à Filer (CAF).

Tableau VI-1 : Données technologiques des six échantillons.

Tableau VI-2 : Tests de comparaison par observations appariées des caractéristiques des fibres des échantillons avec et sans SCF, provenant d'un même coton.

Tableau VI-3 : Comptage et mesure de la taille apparente moyenne des SCF par Trashcam sur plaquettes de fil RS 20 tex.

Tableau VI-4 : Impuretés détectées dans la fibre par AFIS avant et après soustraction des SCF.

Tableau VI-5 : Régularité du fil (CV%) avec ou sans retrait des SCF avant filature (fil RS 20 tex).

Tableau VI-6 : Analyse de variance, effet du retrait des SCF sur la régularité du fil RS 20 tex.

Tableau VI-7 : Différence relative (%) de comptage UT3 pour les différents types d'imperfections causée par la suppression des débris de coque (fil RS 20 tex).

Tableau VI-8 : Coefficients de corrélation entre la contribution relative des SCF dans chaque type de défaut du fil et les principales caractéristiques technologiques des fibres.

Tableau VI-9 : Charge spécifique à la rupture (cN/tex) du fil RS 20 tex, mesurée sur dynamomètre à gradient d'allongement constant (335 casses).

Tableau VI-10 : Tableau d'analyse de variance, effet de la soustraction des SCF sur la résistance du fil.

Tableau VI-11 : Données technologiques des deux échantillons testés sur dynamomètre en mode manuel.

Tableau VI-12 : Valeurs minimales et maximales des caractéristiques de fibres des cotons analysés.

Tableau VI-13 : Différence relative (%) de comptage UT3 pour les différents types de neps causée par la suppression des débris de coque (fil OE 20 tex).

Tableau VI-14 : Comptages AFIS des impuretés dans le ruban de coton peigné.

Tableau VI-15 : Nombre, taille (Trashcam) et masse moyenne des SCF ensemencés dans le ruban de coton peigné.

## **SOMMAIRE**



<b>Introduction</b>	<b>16</b>
<b>Chapitre I. Généralités : le cotonnier, culture et transformation</b>	<b>20</b>
<b>I.1- Le cotonnier du champ à la fibre</b>	<b>21</b>
I.1.1- Le genre <i>Gossypium</i> L.	21
I.1.2- Le coton à travers le monde	21
I.1.3- Morphologie et développement	23
I.1.4- Conduite de la culture	25
I.1.5- La récolte	25
I.1.6- L'égrenage	26
<b>I.2- La graine de coton</b>	<b>30</b>
<b>I.3- La fibre de coton</b>	<b>31</b>
I.3.1- Formation et structure	31
I.3.2- Technologie de la fibre	34
I.3.3- Transformation de la fibre	37
I.3.4- Contraintes et besoins qualitatifs de l'industrie du coton	43
<b>Chapitre II. Les fragments de coques : l'un des principaux contaminants de la fibre de coton</b>	<b>45</b>
<b>II.1- Les impuretés du coton</b>	<b>46</b>
II.1.1- Différents types de contaminants de la fibre de coton	47
II.1.2- Les imperfections du fil	52
<b>II.2- Les fragments de coque (SCF)</b>	<b>54</b>
II.2.1- Formation des SCF	54
II.2.2- Facteurs influençant la teneur en SCF dans le coton	57
II.2.3- Méthodes d'identification et de quantification des SCF	62
II.2.4- Incidence des SCF sur le processus de transformation et sur la qualité du produit	73
<b>II.3- Conclusion</b>	<b>79</b>
<b>Chapitre III. Effet des SCF sur la structure du fil - Objectifs et plan de travail</b>	<b>80</b>
<b>III.1- Introduction</b>	<b>81</b>
<b>III.2- Etude préliminaire</b>	<b>81</b>
III.2.1- Données de comptages	81
III.2.2- Matériel et méthodes	83
III.2.3- Comptage des SCF dans la fibre	83
III.2.4- Contribution des SCF dans la nepposité du fil	86
III.2.5- Relation entre les SCF et les paramètres de qualité du fil	89
<b>III.3- Récapitulation, Objectifs et plan de travail</b>	<b>92</b>
<b>Chapitre IV. Mise au point des méthodologies d'analyse : détection et caractérisation des SCF dans la fibre et dans le fil</b>	<b>96</b>
<b>IV.1- Détection et caractérisation des SCF dans la voile de cardé, optimisation du comptage Trashcam</b>	<b>97</b>
IV.1.1- Matériel et méthodes	98
IV.1.2- Résultats et discussion	98
<b>IV.2- Mesure de la quantité de fibres attachées aux SCF</b>	<b>105</b>
IV.2.1- Matériel et méthodes	105
IV.2.2- Résultats	109

<b>IV.3- Identification et comptage des SCF sur fil par analyse d'image</b>	<b>113</b>
IV.3.1- Matériel et méthodes	113
IV.3.2- Résultats et discussion	115
<b>IV.4- Conclusions</b>	<b>126</b>
<b>Chapitre V. Essai de micro-filature, comportement des SCF, selon leurs caractéristiques, pendant les différentes étapes de transformation de la fibre en fil</b>	<b>128</b>
<b>V.1- Introduction</b>	<b>129</b>
<b>V.2- Matériel et méthodes</b>	<b>129</b>
V.2.1- Filature, prélèvements et analyses sur fibres	129
V.2.2- Analyses sur fil	132
<b>V.3- Mesure de la quantité de fibres attachées</b>	<b>134</b>
<b>V.4- Mesures Trashcam sur voile de fibres</b>	<b>135</b>
<b>V.5- Effet du cardage sur la quantité de SCF dans la fibre</b>	<b>136</b>
V.5.1- Nettoyage subi par les SCN (analyse AFIS)	137
V.5.2- Effet de la longueur des fibres attachées sur la quantité de SCN éliminés par la carde	139
V.5.3- Analyse Trashcam : effet du cardage sur la gamme totale des SCF	140
<b>V.6- Banc d'étirage</b>	<b>151</b>
<b>V.7- Filage et qualité du fil</b>	<b>153</b>
V.7.1- Analyse Trashcam sur plaquettes de fil	153
V.7.2- Relation entre les analyses Trashcam sur voile de carde et sur plaquettes de fil	154
V.7.3- Analyses détaillée des défauts régularimétriques du fil	158
V.7.4- Le continu à filer, source de variabilité des imperfections du fil	171
<b>V.8- Conclusions</b>	<b>173</b>
<b>Chapitre VI. Effet des fragments de coque sur les différents aspects qualitatifs du fil</b>	<b>177</b>
<b>VI.1- Etude expérimentale de l'effet de la soustraction des SCF sur la qualité du fil</b>	<b>178</b>
VI.1.1- Introduction	178
VI.1.2- Matériel et méthodes	180
VI.1.3- Vérification des hypothèses	183
VI.1.4- Effet de la soustraction des SCF sur les propriétés régularimétriques du fil RS 20 tex	185
VI.1.5- Effet de la soustraction des SCF sur la résistance du fil RS 20 tex	191
VI.1.6- Cas du fil OE	206
VI.1.7- Conclusion	210
<b>VI.2- Ensemencement des SCF dans du ruban peigné</b>	<b>212</b>
VI.2.1- Introduction	212
VI.2.2- Matériel et méthodes	212
VI.2.3- Résultats et discussions	215
VI.2.4- Conclusion	222
<b>Conclusion générale</b>	<b>223</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>230</b>
<b>Annexes</b>	<b>249</b>



## ***INTRODUCTION***

La fibre de coton occupe depuis plusieurs siècles un rang de prédilection sur le marché textile. En effet, elle possède de nombreuses qualités naturelles qui en ont fait l'une des fibres textiles les plus répandues dans le monde. L'évolution de l'industrie cotonnière fut pendant longtemps, et le demeure encore de nos jours, étroitement liée aux innovations technologiques apportées au fil des siècles. Ainsi, la production et la consommation de fibre de coton a connu au courant du XIX<sup>ème</sup> siècle une forte expansion dans de nombreux pays du monde.

Depuis quelques décennies, la part de marché conquise par le coton se trouve menacée par une concurrence, de plus en plus intense, imposée par l'apparition et la progression incessante des fibres chimiques. Après avoir amplement et longuement dominé le marché textile, le coton représente désormais moins de la moitié de la consommation mondiale de fibres.

Pour faire face à cette concurrence, tous les acteurs de l'industrie cotonnière sont appelés à trouver le juste équilibre entre une production de qualité et une productivité compétitive et économiquement rentable. Cet équilibre nécessite inévitablement la conciliation des contraintes, tant économiques que qualitatives, imposées par la matière première et son caractère naturel très variable, par les équipements et leur évolution de plus en plus rapide et enfin par les besoins auxquels aspire le consommateur.

Pendant longtemps, la recherche du meilleur rendement l'a emporté sur les préoccupations qualitatives de la filière. Ainsi, la mécanisation et l'automatisation sont devenues de plus en plus présentes à tous les stades de la culture et de la transformation du coton. Les cadences de productions ont été accélérées sans réel souci quant à l'effet de cette course vers la productivité sur la qualité de la fibre et du produit fini.

Cette situation n'a changé qu'assez récemment. En effet, il y a eu depuis le début des années 80 une prise de conscience de l'importance que revêt la qualité au même titre que la productivité.

Les exigences du consommateur sont devenues de plus en plus pressantes. D'autre part, les nouvelles techniques de transformation, et notamment de filature, ont mis en évidence de nouveaux besoins quant à la qualité de la matière première et aux caractéristiques requises pour permettre un bon déroulement des opérations. Le filateur doit en effet produire un fil de la meilleure qualité possible, à une vitesse de production la plus élevée possible et à partir d'une matière première la moins chère possible en relation avec ses caractéristiques physiques. En frôlant de la sorte les limites des équipements ainsi que celles de la matière première, le filateur se trouve face à un équilibre fragile et peu stable. Il suffirait donc d'une petite variation dans la matière première ou dans le processus pour que



cet équilibre soit perturbé et que le filateur soit confronté à de lourdes pertes d'efficacité et de qualité.

Ces nouvelles exigences rencontrées par le filateur se sont répercutées en amont sur tous les acteurs de la filière (producteurs et égreneurs). La principale conséquence réside dans la demande de fibre de coton de plus en plus propre et exempte de matières étrangères. Cette demande a conduit les égreneurs, notamment aux États-Unis, à intensifier les opérations de nettoyage du coton-graine et de la fibre après égrenage. Malheureusement, cette intensification n'a pas eu l'effet escompté. En fournissant au filateur une fibre visuellement plus propre, les producteurs ont omis, au moins pendant une certaine période, les effets que cette intensification de nettoyage a sur la longueur des fibres et sur la taille des contaminants qui, fragmentés par l'agression mécanique, sont devenus de plus en plus difficiles à éliminer en aval de la chaîne de production.

La contamination de la fibre par des matières étrangères fût donc parmi les premières préoccupations révélées par cette nouvelle situation. Les natures et les origines variées de ces impuretés sont à l'origine d'effets plus ou moins préjudiciables au déroulement de la filature et à la qualité du produit fini. En effet, si certaines d'entre elles, tels que les débris de tiges ou de feuilles, sont facilement éliminées de la matière brute par des opérations de nettoyage appropriées, d'autres demeurent difficiles à extraire. Tel est le cas notamment des miellats de sucre, d'origine physiologique (le cotonnier) ou entomologique (pucerons principalement), à l'origine du problème du collage. C'est également celui des fragments de coque de graine, auxquels nous nous sommes intéressés dans le présent travail.

Ces fragments de coque sont formés dès la première étape de transformation subie par le coton (égrenage : séparation fibre-graine). Ils accompagnent ensuite la fibre tout au long de la chaîne de transformation et parviennent jusqu'au produit fini. Ces impuretés engendrent des pertes de productivité en perturbant le déroulement de certaines opérations du processus industriel et en réduisant la qualité de la production.

À travers les recherches effectuées et présentées dans ce document, nous avons tenté d'apporter notre contribution à la compréhension du phénomène des fragments de coque et des problèmes qu'ils engendrent en filature. Pour ce faire, nous nous sommes fixés deux principaux objectifs : la détermination du comportement des fragments de coque pendant le processus de filature et l'étude de leurs effets sur la structure du filé et sur ses différents paramètres de qualité, en tenant compte des caractéristiques intrinsèques des fragments de coque et de leurs interactions avec celles des fibres. Nous pourrions de la sorte mettre l'accent sur les étapes du processus au cours desquelles il peut y avoir un moyen d'action pour limiter les préjudices induits par les fragments de coque et montrer l'intérêt d'une telle action en terme de qualité.

Pour pouvoir atteindre ces objectifs, il nous a été nécessaire de disposer de méthodes de détection et de caractérisation efficaces, nous permettant de suivre l'évolution des fragments de coque pendant le processus et de déterminer leurs effets sur le fil. Ainsi, les solutions existantes ont été étudiées et de nouvelles méthodologies ont été mises au point.

Outre les objectifs poursuivis dans ce travail, de telles méthodes devraient permettre de juger une balle de coton en fonction de sa qualité réelle et non par rapport à la réputation liée à son origine. Elles pourraient également être exploitées par la recherche pour réduire la présence et l'impact de ces contaminants tout au long de la filière.



**Chapitre I.**

**GENERALITES : LE COTONNIER, CULTURE ET  
TRANSFORMATION**

## I.1 LE COTONNIER DU CHAMP A LA FIBRE

### I.1.1 Le genre *Gossypium* L.

Les cotonniers sont des dicotylédones, appartenant à l'ordre des Malvales, à la famille des Malvacées, à la tribu des Hibiscées et au genre *Gossypium* L. Parmi les 51 espèces recensées à ce jour, seules quatre portent des fibres cellulósiques sur les graines et constituent le groupe des cotonniers cultivés (Lagière, 1966; Parry, 1981) :

- *Gossypium herbaceum* et *Gossypium arboreum* : ces deux espèces ont une longue histoire de culture en Afrique et en Asie. Elles sont caractérisées par des fibres très courtes (inférieures à 25 mm) et ne représentent que 3 à 4% du coton cultivé.
- *Gossypium barbadense* : originaire de l'Amérique du Sud tropicale, elle s'est répandue en Amérique Centrale et aux Caraïbes. Elle a été introduite en Caroline du Sud à la fin du XVIIIème et en Égypte au XIXème siècle. De cette espèce sont issus les cotons longue soie, à fibres extra longues (supérieures à 33 mm). Elle représente 5 à 7% du coton cultivé dans le monde.
- *Gossypium hirsutum* : majoritaire dans le groupe des espèces cultivées (plus de 90%), elle est caractérisée par des fibres moyennes à longues (25 à 32 mm).

Certaines des espèces sauvages sont exploitées par les sélectionneurs pour l'amélioration variétale des quatre espèces cultivées, et constituent une source potentielle de création de nouvelles variétés (Mergeai *et al.*, 1993).

### I.1.2 Le coton à travers le monde

La culture du cotonnier dans le monde couvre une superficie supérieure à 30 millions d'hectares, répartis sur quelque 70 pays (*Figure I-1*). Depuis le début des années 50, cette superficie reste relativement constante. La production mondiale de fibres de coton, quant à elle, n'a cessé d'augmenter grâce à une amélioration régulière du rendement moyen en fibre (*Figure I-2*).

La production mondiale de fibre de coton était de 18,5 millions de tonnes en 1998/1999. Elle devrait atteindre, selon les projections de l'ICAC (International Cotton Advisory Committee; ICAC, 1999a), 19 millions de tonnes en 1999/2000. Cinq pays assurent plus de 70% de la production mondiale (*Figure I-3*) ; il s'agit de la Chine Continentale avec une moyenne de 4,3 millions de tonnes sur les six dernières années, les États-Unis (3,8 millions de tonnes), l'Inde (2,8 millions de tonnes), le Pakistan (1,6 millions de tonnes), et l'Ouzbékistan avec 1,1 million de tonnes (ICAC, 1999c). Parmi ces pays producteurs, seuls les États-Unis et l'Ouzbékistan assurent une part notable des exportations (40 %) ; la Chine n'exporte qu'une faible partie de sa production (*Figure I-3*) et de manière épisodique.





Figure I-1 : Zones de culture cotonnière dans le monde  
(d'après Matthews, 1989).

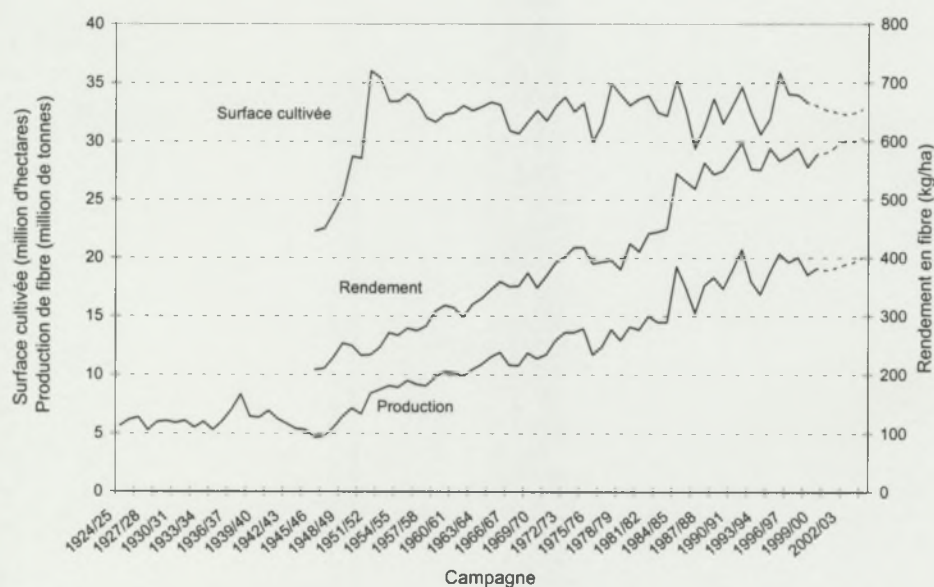


Figure I-2 : Évolution de la surface cotonnière, du rendement et de la  
production mondiale de fibre (d'après ICAC, 1999b).

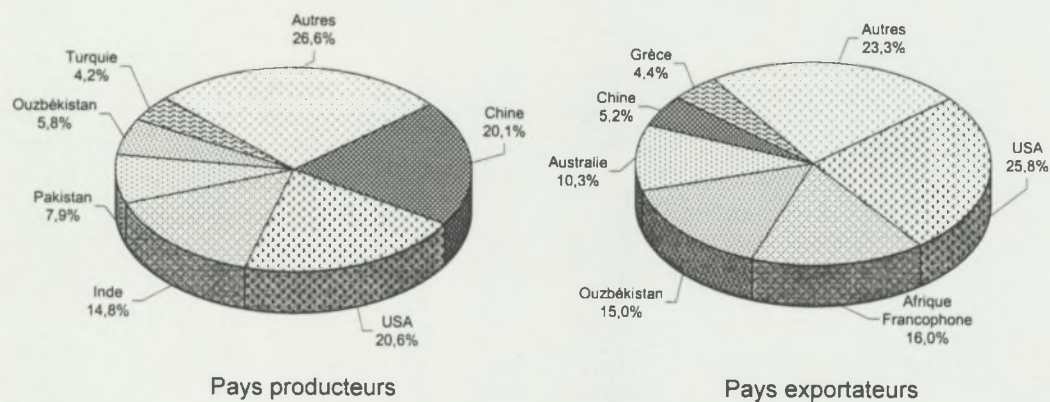


Figure I-3 : Principaux pays producteurs et exportateurs de fibre de coton en  
1999/2000 (d'après ICAC, 1999b; c et d).

### I.1.3 Morphologie et développement

Le cotonnier est un arbuste de un à deux mètres de hauteur. Pérenne à l'état sauvage, il est très majoritairement cultivé comme plante annuelle. La culture pluriannuelle est économiquement peu rentable pour des raisons climatiques et phytosanitaires.

#### I.1.3.1 Morphologie

Le cotonnier possède une racine pivotante et ramifiée, pouvant descendre à plusieurs mètres sous la surface du sol en conditions optimales. Cette partie racinaire possède le double rôle de soutien de la plante et d'absorption des éléments nutritifs du sol.

La partie aérienne de cet arbuste est composée d'une tige principale qui, en se développant, forme des nœuds assez régulièrement espacés (*Figure I-4*). Des rameaux prennent naissance aux nœuds et forment deux types de branches :

- les branches végétatives : elles partent généralement des nœuds inférieurs, elles sont présentes en nombre très variable suivant les variétés,
- les branches fructifères : elles prennent naissance aux nœuds supérieurs, elles portent les feuilles et les organes fructifères de la plante.

Les feuilles du cotonnier peuvent avoir des formes et des dimensions différentes. Elles peuvent également être glabres ou pileuses, ce qui peut avoir une influence sur les impuretés retrouvées dans la fibre (notamment dans le cas de la récolte mécanique), ainsi que sur le développement de certains insectes (Deguine, 1995). Les feuilles assurent un rôle de réserve, d'assimilation, de respiration et de transpiration. Elles constituent pour l'agronome un outil de diagnostic de l'état des échanges avec le sol et de l'état de santé du cotonnier (diagnostic foliaire, Fritz et Vallerie, 1971).

#### I.1.3.2 Cycle du cotonnier

La date de semis des graines de cotonnier est déterminée par les conditions climatiques (température, pluviométrie). Elle varie donc d'une région de culture à une autre et peut s'étendre sur plusieurs saisons selon le climat.

Selon les variétés et les conditions du milieu, la phase de levée<sup>1</sup> et le stade de plantule (*Figure I-4*) durent 50 à 60 jours. Elles sont suivies par l'anthèse<sup>2</sup> annonçant la fin de la phase végétative et le début de la phase de floraison. Le rythme de floraison peut varier selon les variétés et les conditions climatiques (Boulanger et Gutknecht, 1955). La pollinisation a lieu dans les quelques heures suivant l'ouverture des fleurs, la fécondation est achevée dans les trente heures qui suivent l'épanouissement de la fleur (*Figure I-5-a*). Certains ovules peuvent ne pas être fécondés, d'autres peuvent avorter malgré une

---

<sup>1</sup> 10 à 30 jours de la germination à l'étalement des cotylédons (Lagière, 1966).

<sup>2</sup> Épanouissement de la fleur et libération du pollen.



fécondation normale. Ces derniers sont à l'origine de graines avortées, généralement appelées « mottes » (Lagière, 1966).

La floraison est étalée dans le temps ; les phases de floraison et de maturation se chevauchent. La phase de maturation des capsules (fruits du cotonnier, *Figure I-5-b-*) peut durer de 40 à 80 jours, voire plus selon la variété, les conditions de culture et la position de la capsule au sein du plant. À l'issue de cette phase, les capsules mûres s'ouvrent et le coton-graine sèche (*Figure I-5-c-*). Le coton-graine est l'objet de la récolte ; il est constitué des graines et des fibres qu'elles portent. Des fleurs peuvent continuer à se former bien que les premières capsules soient ouvertes. C'est une caractéristique du cotonnier d'avoir à la fois des boutons floraux, des fleurs, des capsules fermées ou ouvertes au cours de son développement.

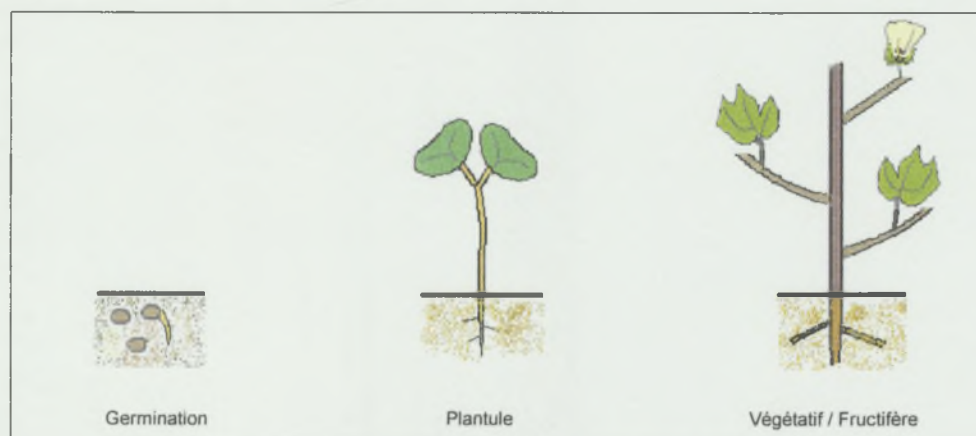


Figure I-4 : Phases de développement du cotonnier (Cirad, 1994).



Figure I-5 : Développement du fruit du cotonnier *G. hirsutum* (Cirad, 1994).

### **I.1.4 Conduite de la culture**

La qualité d'une récolte de coton est fortement liée aux pratiques culturales de l'agriculteur. Les techniques utilisées peuvent varier considérablement suivant les conditions climatiques, la qualité du sol, les étendues des exploitations, et les moyens économiques propres à chaque zone de production. Toutefois, il existe certaines règles générales qui, selon divers auteurs, favorisent le bon développement du cotonnier (Braud et Richez, 1963; Lagièrre, 1966; Raingeard, 1968; Cauquil et Vaissayre, 1971; Delattre, 1973). Nous en énumérons les principales :

- la rotation culturale : permet un maintien ou une augmentation de la fertilité du sol. Elle assure, d'autre part, une défense naturelle contre certains ravageurs et certaines maladies spécifiques au cotonnier.
- Une préparation judicieuse du sol, tenant compte de ses constituants et de son état physique, procure au cotonnier des conditions favorables d'enracinement et d'épanouissement.
- La date de semis, la densité (nombre de plants par unité de surface) et la profondeur d'enfouissement des graines représentent autant de facteurs à maîtriser pour une récolte de qualité.
- Le jeune cotonnier est très sensible aux conditions du milieu dans lequel il évolue. Un bon entretien cultural (désherbage, buttage, lutte contre les ravageurs...) est donc nécessaire afin qu'il puisse se développer de façon optimale.

L'évolution des pratiques culturales tend vers la généralisation de la mécanisation. Toutefois dans les régions où les exploitations sont de petite superficie, comme c'est généralement le cas en Afrique et dans certains pays du Moyen Orient, les techniques utilisées restent manuelles.

### **I.1.5 La récolte**

La récolte du coton-graine est effectuée 6 à 10 jours après l'ouverture des capsules. Celle-ci étant échelonnée, la récolte peut se faire en plusieurs passages et s'étaler sur un laps de temps plus ou moins important selon les variétés et les conditions de croissance de la plante. Elle doit toutefois avoir lieu avant que le coton-graine ne tombe ou qu'il ne soit sujet à des intempéries.

La récolte du coton peut être manuelle ou mécanique suivant les étendues cultivées et les moyens disponibles dans chaque pays.

La récolte manuelle fournit en général un coton-graine peu chargé en matières étrangères (*Figure I-6-a*). De plus, elle peut permettre une première classification de la récolte selon l'aspect de la fibre (Lagièrre, 1966). Cependant, ce type de ramassage est lent et nécessite une main d'œuvre importante.



Quant à la récolte mécanique, elle est de pratique courante dans les pays où les exploitations sont de grande surface. Elle permet un ramassage rapide du coton-graine, mais augmente le taux de matières étrangères, malgré l'utilisation de défoliants pour favoriser la chute des feuilles avant la récolte (Gutknecht, 1960; Roch, 1975). Il existe deux principaux types de récolteuse mécanique:

- le « *cotton stripper* » (Figure I-7-a-) : cette machine arrache les capsules entières, qu'elles soient ouvertes ou pas, avec en plus une quantité importante de branches, brindilles et feuilles. Pour limiter la quantité de capsules non ouvertes, certains traitements sont utilisés pour en favoriser l'éclatement avant la récolte. Le « *cotton stripper* » fournit du coton-graine très chargé en matières étrangères (Figure I-6-b-), donc pouvant être sujet à des dépréciations lors de la classification commerciale.
- Le « *cotton picker* » (Figure I-7-b-) : ne ramasse que le coton-graine des capsules ouvertes. Deux à plusieurs passages peuvent être effectués si nécessaire. Cette récolteuse est la plus répandue dans le monde et fournit un coton-graine peu chargé en matière étrangère par rapport au « *cotton stripper* » (Figure I-6-c-).

### I.1.6 L'égrenage

Après récolte, le coton-graine est directement<sup>1</sup> acheminé des exploitations vers les usines d'égrenage afin d'assurer la séparation des fibres de la graine. Le bon déroulement de cette première étape de transformation du coton, est une condition essentielle pour obtenir des fibres de la meilleure qualité possible.

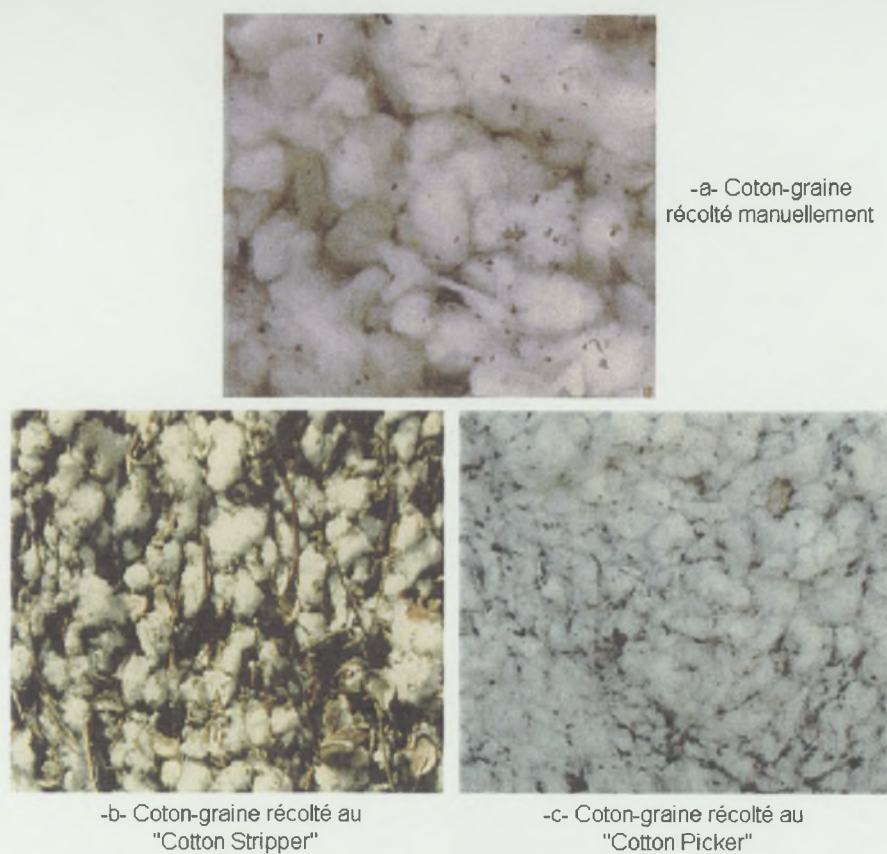
Des opérations de conditionnement de la matière sont généralement nécessaires avant l'égrenage proprement dit. Dès son entrée dans le circuit d'égrenage, et suivant son taux d'humidité, le coton-graine peut subir une opération de séchage. Des opérations de nettoyage se succèdent ensuite pour assurer l'extraction des impuretés grossières et l'élimination des particules fines (sable, poussière, débris de feuilles ou de tiges...). Un second séchage ou une réhumidification peuvent éventuellement être effectués après nettoyage juste avant l'alimentation des égreneuses. Ces opérations de conditionnement ont une efficacité variable selon le type du coton graine (type de récolte, taux d'humidité...) ; différentes combinaisons de traitements peuvent donc être utilisées pour assurer des conditions d'égrenage favorables (Gutknecht, 1960).

À l'issue de ce conditionnement, le coton-graine poursuit son parcours dans le circuit pour atteindre les égreneuses proprement dites. Elles sont de deux types : à rouleau ou à scies. L'utilisation de l'un ou de l'autre type est fonction de la longueur des fibres et de la production de coton graine du pays.

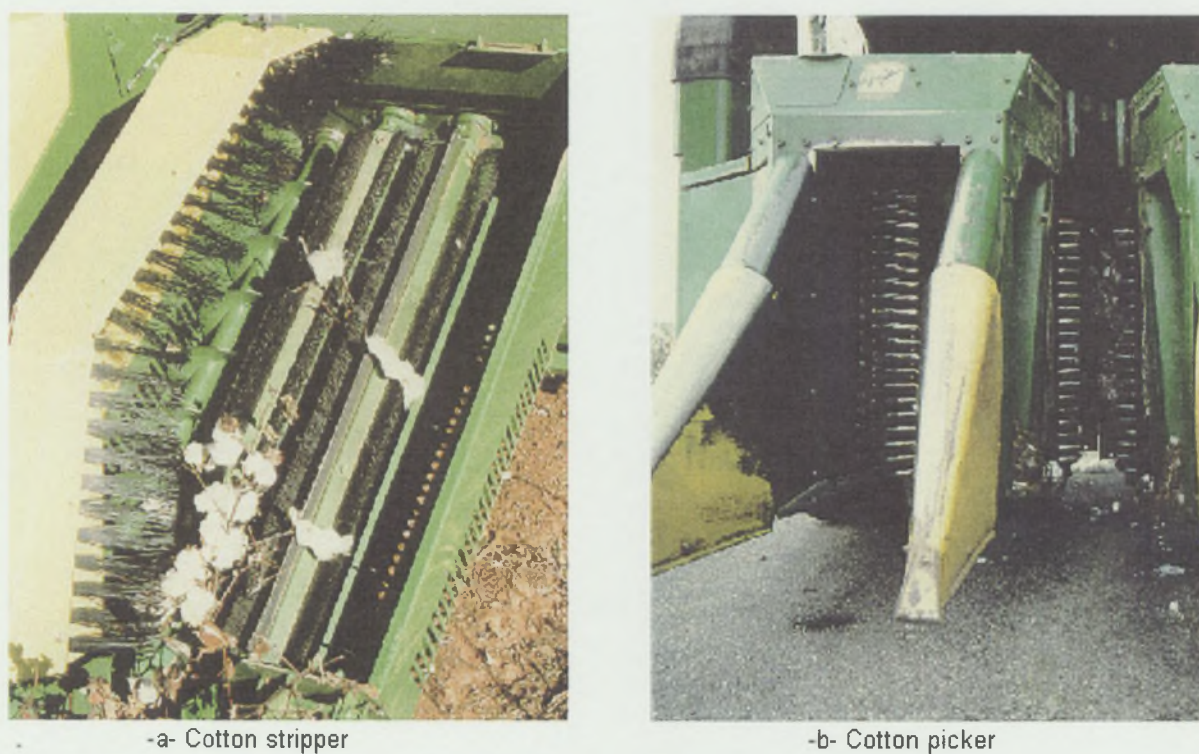
---

<sup>1</sup> Un stockage de durée variable peut éventuellement précéder l'acheminement vers les usines d'égrenage.





**Figure I-6 : Propreté du coton-graine selon le mode de récolte (clichés J.L.Chanselme)**



**Figure I-7 : Récolteuses mécaniques (clichés J.-L. Chanselme).**



### I.1.6.1 Égreneuse à rouleau (Figure I-8)

Premier type d'égreneuse industrielle, elle est apparue sous sa forme mécanisée au début du XVIII<sup>ème</sup>. Elle est toujours utilisée pour les cotons longue et extra-longue soie (*G. barbadense*).

Cette machine est équipée d'un rouleau tournant garni de cuir ou de matière synthétique, en contact avec le coton-graine. Deux couteaux non coupant, un fixe et un mobile, sont montés tangentielllement au rouleau du côté de l'alimentation en coton-graine. Les fibres sont entraînées par le rouleau tandis que les graines, ne pouvant pas passer entre ce dernier et le couteau fixe, sont maintenues du côté de l'alimentation. Parallèlement, le couteau mobile, animé d'un mouvement alternatif vertical, vient frapper les graines. Cette action conjuguée du rouleau tournant et du couteau mobile assure la séparation des fibres de la graine et leur acheminement vers la sortie de l'égreneuse.

L'égrenage à rouleau est peu productif (environ 50 kg par heure par égreneuse), de plus il donne un coton peu homogène (Gutknecht, 1977). Cependant, les fibres ne sont pas endommagées et leur longueur est conservée ; d'où l'avantage de ce type d'égrenage pour les soies longues.

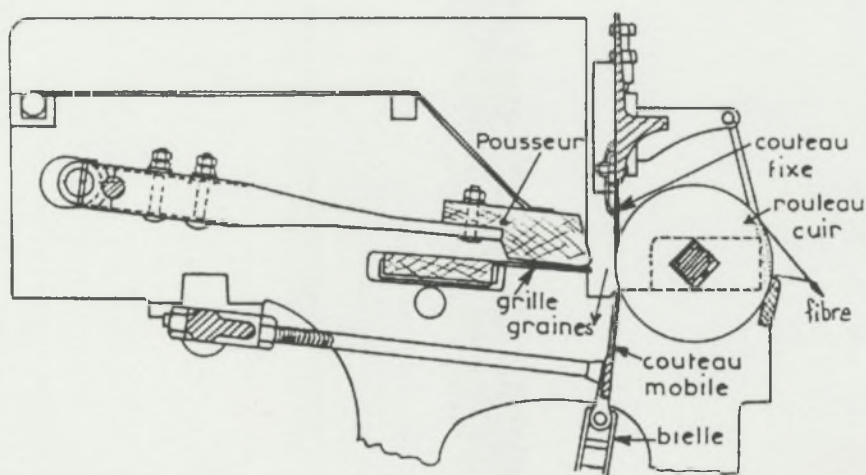


Figure I-8 : Schéma d'une égreneuse à rouleau (Parry, 1981).

### I.1.6.2 Égreneuse à scies (Figure I-9)

Apparue à la fin du XVIII<sup>ème</sup> siècle, l'égreneuse à scie est utilisée pour les cotons à courtes ou à moyenne soies (*G. hirsutum*) ce qui représente plus de 90% de la production mondiale.

Elle est constituée d'une série de scies circulaires, à dents non coupantes, régulièrement réparties sur un même axe et tournant au travers d'une grille. Le coton-graine est acheminé par le système d'alimentation et s'accumule sous forme d'un rouleau au contact des scies. Les dents des scies, pénétrant dans le rouleau de coton-graine, accrochent les fibres et les entraînent à travers les barreaux de la grille qui retiennent les

graines. Les fibres sont ensuite détachées des scies, soit par un système de brosses, soit par jet d'air.

Ce type d'égrenage est beaucoup plus productif que le précédent (jusqu'à 2 tonnes de fibre par heure par égreneuse ; ICAC, 1994), la fibre qui en est issue est plus homogène du fait de la rotation du rouleau de coton-graine à l'alimentation. Toutefois, la fibre peut être endommagée et sa longueur réduite sous l'action agressive des dents des scies.

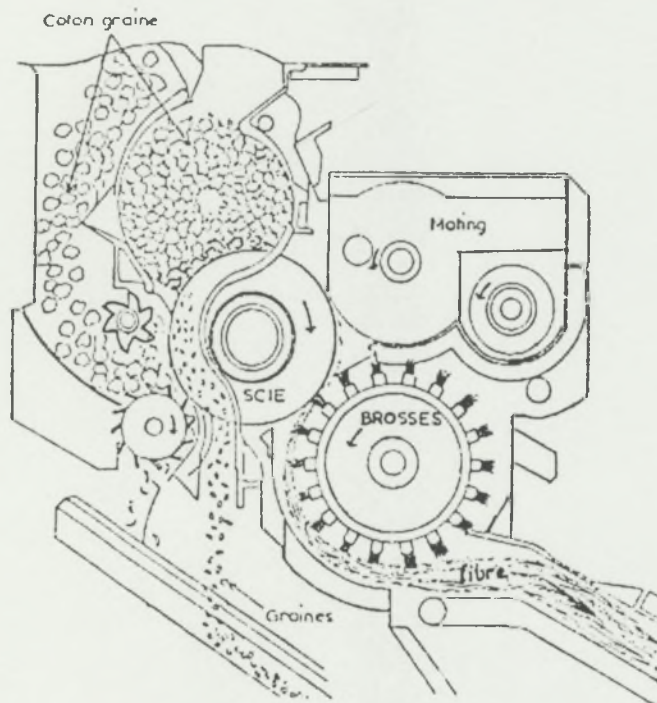


Figure I-9 : Schéma d'une égreneuse à scies (Parry, 1981).

#### I.1.6.3 Opérations ultérieures

Le nettoyage du coton-graine n'étant généralement pas suffisant pour obtenir une fibre avec un taux de matières étrangères acceptable, il est parfois nécessaire d'effectuer un nettoyage de la fibre après égrenage afin d'en améliorer le grade (cf. § I.3.2.1). Cette nécessité est apparue suite à la dégradation de la propreté du coton-graine à cause de la généralisation de la récolte mécanique dans certains pays producteurs (Mangialardi et Anthony, 1999). Ce nettoyage est effectué à l'aide de machines appelées « *lint-cleaners* » apparues en 1939, et dont l'utilisation s'est généralisée notamment aux Etats Unis.

Un à plusieurs « *lint-cleaners* » sont habituellement installés à la sortie de l'égreneuse. Ils peuvent être de deux types : pneumatique ou mécanique à cylindre garni de dents. Parmi les déchets éliminés, on trouve des débris de feuilles, des fragments de coques, des mottes et des fibres courtes.

Cette opération de nettoyage constitue un passage important dans la détermination de la qualité de la fibre et de la quantité d'impuretés qui s'y trouvent (notamment les débris de coques de graines). Cet aspect sera développé plus loin (cf. § II.2.2.3).



À la sortie des égreneuses ou des nettoyeurs (*lint-cleaner*), la fibre est transportée jusqu'au condenseur qui assure l'alimentation d'une presse. Les fibres sont alors humidifiées et pressées en balles d'environ 220 kg. Des échantillons de fibres peuvent être prélevés selon diverses méthodes pour la classification commerciale. Les balles ainsi pesées, répertoriées et échantillonnées, sont stockées pour l'acheminement vers les ports d'embarquement.

## I.2 LA GRAINE DE COTON

La capsule est constituée de 3 à 5 loges ; chaque loge peut contenir de 6 à 9 graines. Les graines sont de forme ovoïde (*Figure I-10*) et peuvent avoir des tailles différentes selon les variétés et les conditions de culture. La taille des graines est définie par un indice qui correspond à une masse de 100 graines ou « *seed index* ». La graine est constituée d'une amande (50 à 55% de son poids, Lagièrre, 1966) enveloppée d'une coque de couleur brun-foncé ou noire (40 à 45% du poids de la graine). Selon les espèces, la coque peut être recouverte de linter ou duvet. Les graines, comme la majorité des organes aériens du cotonnier, sont naturellement pourvues de glandes à gossypol (*Figure I-10*), qui est un pigment toxique pour les animaux monogastriques et pour l'homme.

La production de graines représente entre 55 et 65 % de la récolte de coton-graine. Cependant, sa valeur marchande atteint à peine 15% de celle de la récolte. Tous les constituants de la graine peuvent être séparés successivement et valorisés pour des usages variés.

Le duvet (linter) est récupéré à l'aide de machines appelées « délinteruses ». Il est exploité dans la fabrication de coton hydrophile, de rembourrage pour matelas, ou comme matière première pour diverses industries chimiques (Gautier, 1947b; Lagièrre, 1966; Parry, 1981). Les coques sont ensuite séparées des amandes par une opération de décorticage et sont généralement utilisées comme combustible (Gautier, 1949). Les amandes restantes servent à l'extraction d'huile comestible (Gautier, 1947a) ; les tourteaux qui en résultent, riches en protéines, sont utilisés pour l'alimentation des ruminants. Selon Raymond et Marquié (1995), la production d'huile de coton pendant la campagne 1994-1995 s'est élevée à 3,8 millions de tonnes et celle de tourteaux à 14,4 millions de tonnes.

La création de variétés de cotonnier sans glandes à gossypol (dits « *glandless* ») a ouvert la voie, pendant quelques années, à une exploitation des graines dans l'alimentation humaine (Buffet, 1979; Bourély, 1987). De nouvelles possibilités de valorisation de la graine de coton sont également étudiées notamment dans le domaine de la fabrication de matériaux biodégradables (Marquié, 1996).

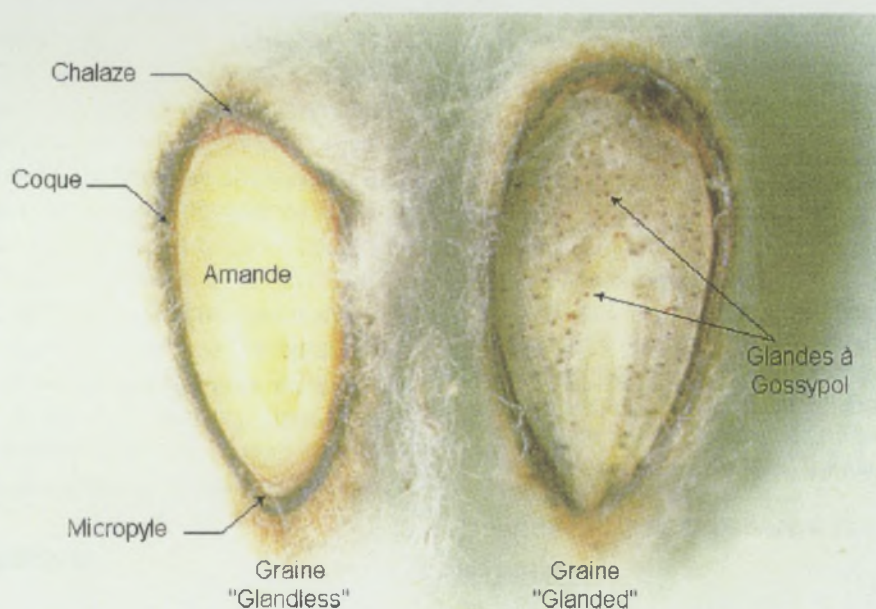


Figure I-10 : Coupe longitudinale de deux graines de coton, glanded et glandless (Archives Cirad-ca).

### I.3 LA FIBRE DE COTON

#### I.3.1 Formation et structure

La fibre de coton est unicellulaire ; elle se développe à partir d'une cellule de l'épiderme de l'ovule (appelée graine après maturation). Sa formation commence avant l'anthèse (Lagière, 1966; Joshi *et al.*, 1967; Parry, 1981) ou le jour même de l'anthèse (Beasley, 1975; Stewart, 1975) par la différenciation de quelques cellules épidermiques au niveau de la chalaze (partie arrondie de la graine). Le processus s'étend ensuite vers le micropyle (extrémité opposée de la graine) et s'intensifie considérablement après pollinisation. Joshi *et al.* (1967) rapportent que l'initiation et le développement des fibres avant anthèse montre que leur formation n'est pas complètement dépendante de la fécondation et de la fertilisation de l'ovule. D'où la présence de fibres sur des graines non fécondées ou avortées (motes).

Selon Parry (1981), les poils qui se forment dans les 5 jours après la fécondation donneront naissance aux fibres (dites *lint* ou soies) qui représentent le principal intérêt commercial de la culture cotonnière. Les poils qui se forment ultérieurement composeront le duvet de la graine, ou « *linter* », d'une longueur n'excédant pas quelques millimètres. On dénombre environ 10 000 fibres ou lint et entre 5 000 et 10 000 linters par ovule. Les fibres issues d'une même graine ont une longueur variable (Roberty, 1949). Cette variabilité serait liée au moment d'initiation de la fibre. Selon Farr (1931), les fibres les plus courtes sont celles dont la différenciation a été la plus tardive.

Après une rapide expansion diamétrale (entre 12 et 25  $\mu\text{m}$ ), les fibres, en forme de tubes creux, se développent en s'allongeant. Elles atteignent leur développement définitif



entre le 18<sup>ème</sup> et le 25<sup>ème</sup> jour de croissance (Figure I-11). À ce stade, la paroi de la fibre est composée de cellulose amorphe ; elle est encore mince et constitue la membrane primaire. Cette membrane possède une structure orientée transversalement conservée durant toute la période de développement de la fibre (Waterkeyn, 1987a).

Le développement longitudinal de la fibre étant achevé, l'épaississement interne de la paroi cellulaire débute alors par le dépôt successif de couches cellulosiques de structure fibrillaire spiralée constituant la membrane secondaire. La cellulose ne remplit jamais complètement la fibre ; il reste un espace au centre : le lumen (Figure I-12). La phase d'épaississement s'achève au bout de 25 à 35 jours ; l'épaisseur de la paroi atteint environ 5  $\mu\text{m}$  à l'ouverture de la capsule (Figure I-11). De cette épaisseur dépend la maturité de la fibre ; dans le cas d'un développement perturbé (facteurs environnementaux et/ou variétaux), la paroi reste mince ( $< 2 \mu\text{m}$ ) et la fibre est dite immature (Figure I-13).

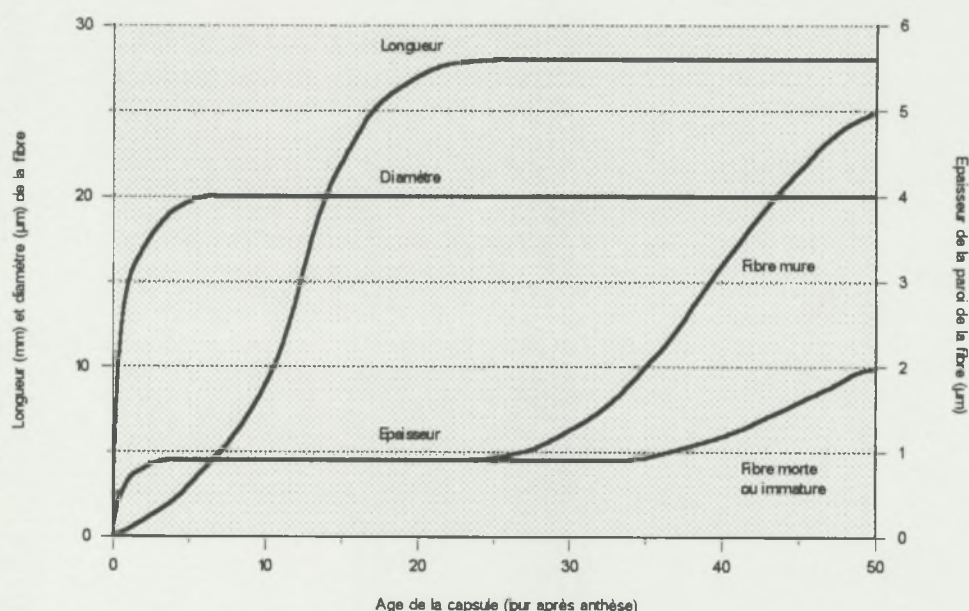


Figure I-11 : Développement de la fibre de coton à partir de l'anthèse (d'après Roehrich, 1947a).

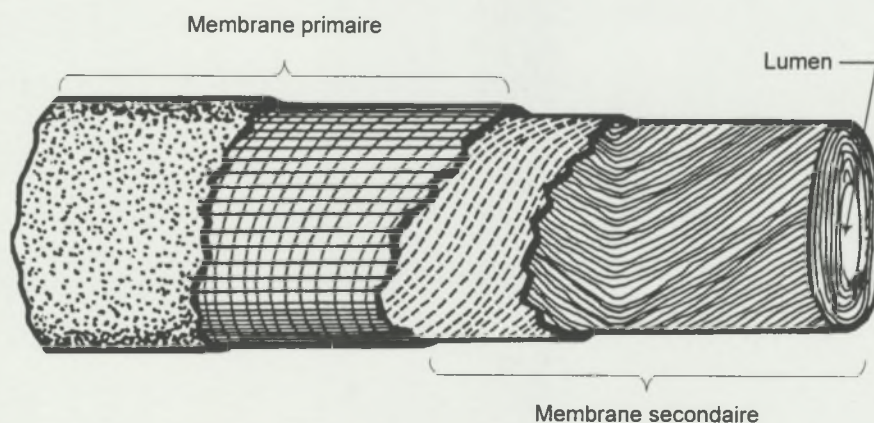
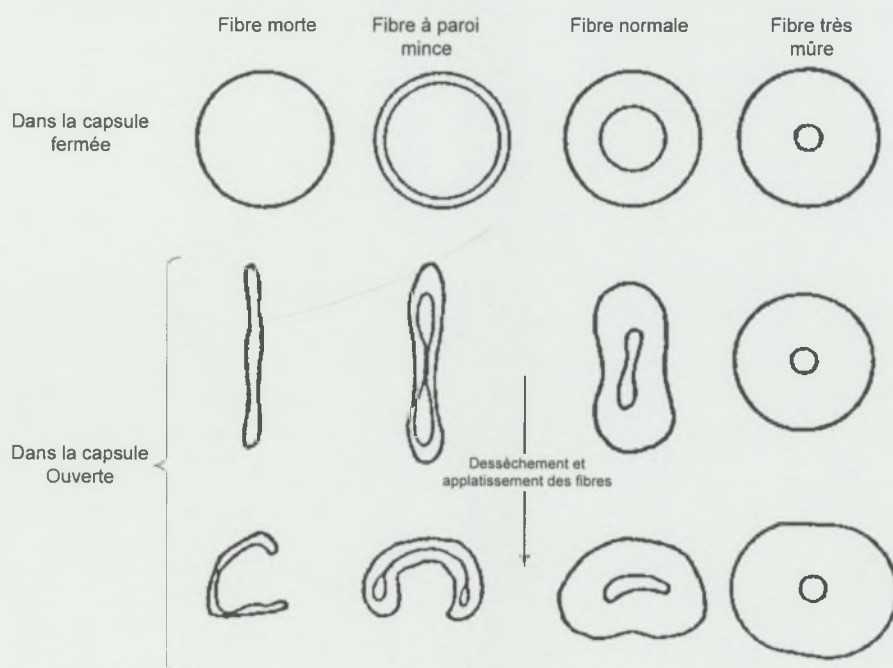
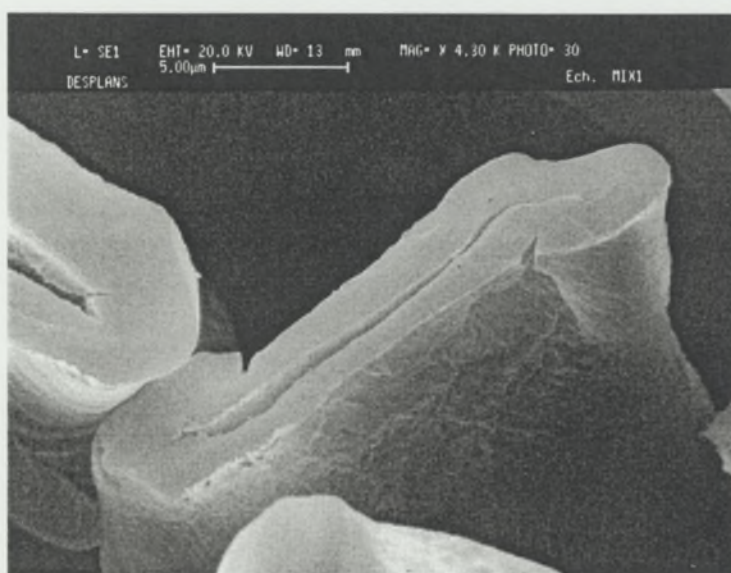


Figure I-12 : Coupe longitudinale schématisée d'une fibre de coton (Parry, 1981).

A l'ouverture de la capsule, les fibres sèchent, s'aplatissent et se vrillent (*Figure I-13, Figure I-14*). A maturité, elles sont constituées d'environ 95% de cellulose ; d'autres constituants non cellulosiques (substances minérales, cires, protéines, acides pectiques et autres acides organiques) se localisent dans la membrane primaire et dans le lumen.



**Figure I-13 : Coupe schématique de fibres immatures à très mûres ; dessèchement et aplatissement des fibres après ouverture de la capsule (d'après Roehrich, 1947b et Jacquemart, 1953).**



**Figure I-14 : Vue microscopique de sections de fibres mûres (Desplans, 1996).**

Notons que les étapes de croissance de la fibre sont communes (aux durées près) à toutes les espèces de cotonniers cultivées (Taha et Bourély, 1989).



### 1.3.2 Technologie de la fibre

La qualité du produit textile fini (filé ou étoffe) est directement liée à celle des fibres. Dès lors, la connaissance des caractéristiques physiques des fibres est un enjeu essentiel pour l'industrie cotonnière. Sachant la grande variabilité des critères de qualité de la fibre de coton et la sensibilité des équipements industriels à cette hétérogénéité, une caractérisation des fibres, suivie d'une classification, est nécessaire pour la constitution de lots homogènes pouvant être transformés dans les meilleures conditions possibles. Cette classification, ou classement, détermine la valeur marchande des lots de balles de fibre de coton. Elle est effectuée sur la base de critères de qualité déterminés à partir des échantillons de fibres prélevés aux cours de l'égrenage ou sur la balle après égrenage.

Les méthodes de classification de la fibre ont considérablement évolué ces dernières années. La classification traditionnelle, effectuée manuellement et visuellement par des « classeurs », a progressivement laissé la place aux chaînes de mesures à haute capacité (chaînes HVI : *High Volume Instrument*). Des deux seuls critères de grade et de longueur déterminés par le classeur, on est passé à une multitude de paramètres mesurés par HVI. En 1995, l'*Universal Standard Committee* (comité rassemblant tous les acteurs de la filière), a reconnu l'utilisation de nouveaux critères technologiques de la fibre mesurés par les chaînes HVI. Des paramètres de ténacité, de colorimétrie, de teneur en matières étrangères, d'indice micronaire, de longueur commerciale (UHML, cf. § 1.3.2.2) et d'uniformité de longueur (indice d'uniformité) sont maintenant considérés dans les transactions commerciales et font l'objet de primes et de décotes financières.

La grande capacité des HVI (25 secondes par test) permet une classification systématique de toutes les balles de coton produites, comme c'est le cas notamment aux Etats-Unis. Depuis 1991, toute la production de ce pays (environ 20 millions de balles) a été évaluée et classée à l'aide de chaînes HVI (Van der Sluijs et Hunter, 1999). En décembre 1997, environ 1100 HVI étaient déjà en service dans le monde (Hunter, 1998; Schenek, 1998b). Toutefois, l'utilisation de ce type de classement demeure réduite en Afrique et dans certains pays producteurs du Sud où la méthode traditionnelle reste en vigueur.

D'autres méthodes de mesures peuvent également être utilisées dans la caractérisation de la qualité du coton mais ne sont pas utilisées dans le classement commercial. Nous pouvons citer l'AFIS<sup>®</sup> de Zellweger, qui détermine par une analyse fibre à fibre, une série de paramètres technologiques de la fibre comme la longueur, la finesse, la maturité, la quantité de fibres courtes... (Schenek *et al.*, 1998; Ethridge et Hequet, 1999; Hequet, 1999), ainsi qu'une classification des divers contaminants (cf. § II.2.3.4.1).

Quelle que soit la propriété technologique et la méthode utilisée pour la déterminer, il est nécessaire d'accorder un soin particulier à la méthode d'échantillonnage et au nombre de mesures à effectuer. En effet, la représentativité et la précision des résultats obtenus sont tributaires de la méthode d'échantillonnage utilisée (Gourlot et Hequet, 1994).

Nous allons énumérer, dans ce qui suit, les principales propriétés physiques des fibres, les critères qui les caractérisent et les différentes méthodes pouvant être utilisées pour les mesurer.

### I.3.2.1 Grade et colorimétrie

Le grade des cotons est un indice de propreté et de présentation. Il combine à la fois des paramètres de couleur, de charge en matières étrangères et de préparation (présence de mèches plus ou moins importante due à un égrenage mal conduit...).

Initialement déterminé visuellement par les classeurs, le grade est à présent mesuré sur chaînes HVI par la détermination indépendante de ces principales composantes :

- la couleur : caractérisée par la réflectance  $R_d$  (%) qui traduit la brillance de l'échantillon, et par l'indice de jaune +b. Pour la détermination de ces grandeurs, l'échantillon, plaqué contre une vitre, est soumis à un éclairage connu fourni par deux lampes. Deux photodiodes analysent les caractéristiques de lumière réfléchie par l'échantillon.
- la teneur en matières étrangères : simultanément à l'analyse de couleur, une caméra capture une image de l'échantillon. Une analyse d'image permet l'obtention de différents indices caractérisant la charge de l'échantillon en impuretés : *Trash Area*, *Trash Count* et *Leaf Code*, ce dernier paramètre étant le code de classement.

La combinaison de ces deux mesures fournit un indice correspondant à la définition initiale du grade selon les références internationales (*Universal Cotton Standard*), et tel qu'il est utilisé en classement officiel (Knowlton, 2000).

### I.3.2.2 La longueur des fibres

La longueur des fibres est reliée à plus d'un titre à plusieurs paramètres de qualité du fil et du produit fini. Elle est également déterminante dans le choix de la gamme de produits pour laquelle la fibre est destinée. Elle est de ce fait l'une des caractéristiques les plus importantes dans la classification commerciale du coton.

La longueur des fibres peut être appréciée par différentes méthodes fournissant plus ou moins d'informations sur sa distribution. Les principales, dans l'ordre d'apparition, sont :

- méthode manuelle ou « *pulling* » : des classeurs estiment la longueur sur des mèches de fibres parallélisées manuellement. La longueur est généralement mesurée en pouce et fraction de pouce. Cette méthode permet également au classeur de juger du « caractère » de la fibre qui donne une appréciation au toucher, du corps (compacité relative d'une masse de fibres), du crochet qui correspond à la résistance au tirage offerte par les fibres...
- appareil classique ou fibrographe : mesure photoélectrique sur faisceau de fibres parallèles pour la caractérisation de la longueur et de sa distribution. Cet appareil fournit différents paramètres déduits d'une représentation graphique particulière appelée « fibrogramme » (*Figure I-15*) : « *2.5% span length* » (ou SL2,5 en mm, longueur atteinte par 2,5 % des fibres du faisceau l'échantillon), « *50 % Span Length* » (ou SL50 en mm, longueur atteinte par 50 % des fibres du faisceau), « *Uniformity Ratio* » (UR en %, rapport de SL50 à SL2,5).



- Chaîne HVI : la mesure est fondée sur le principe du fibrographe avec une interprétation différente du fibrogramme (Figure I-15). Les grandeurs fournies sont : « *Upper Half Mean Length* » (ou UHML en mm, longueur moyenne de la moitié supérieure des fibres de l'échantillon), « *Mean Length* » (ou ML en mm, longueur moyenne de l'ensemble des fibres), « *Uniformity Index* » (ou UI en %, rapport de ML à UHML).

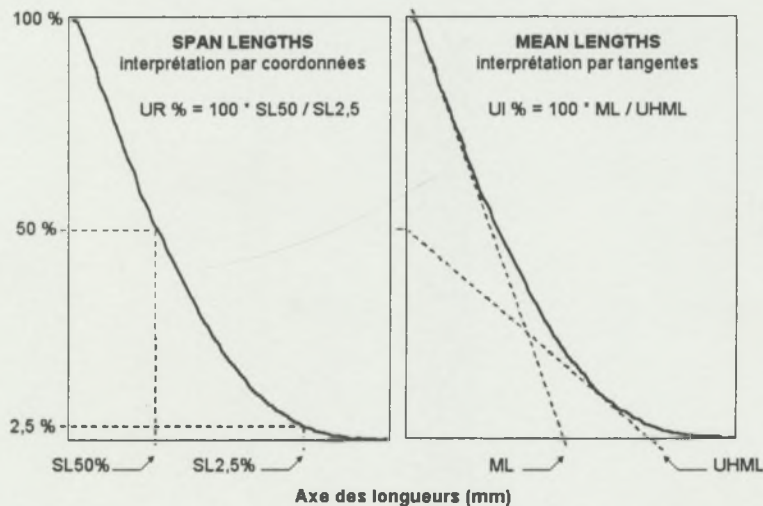


Figure I-15 : Interprétations du fibrogramme (Gourlot, 1997).

### 1.3.2.3 La finesse et la maturité

Le terme finesse peut être défini selon deux principaux aspects : biologique et gravimétrique. La finesse biologique peut être exprimée par le périmètre, le diamètre ou la surface de la section de la fibre. La fibre de coton n'étant pas circulaire, cette finesse n'est exprimée en diamètre que sous des conditions particulières (Hequet, 1994). La finesse gravimétrique est exprimée en masse par unité de longueur ou masse linéique. L'unité la plus utilisée est le tex (masse en grammes de 1 000 m de fibres) ou le millitex (mtex). La relation entre la finesse gravimétrique et biologique ne peut être établie correctement que si la maturité de la fibre (épaisseur de sa paroi cellulosique) est connue.

La détermination de la finesse biologique par des méthodes d'évaluation microscopiques est une opération longue et coûteuse. Des méthodes indirectes, dont le principe repose sur la loi d'écoulement des gaz dans des tampons poreux, ont donc été adoptées et ont donné naissance aux instruments dits « *air flow* ». Ces appareils donnent une estimation de la surface spécifique (selon Lord, 1961) à partir de la perte de charge subie par l'écoulement d'air dans l'échantillon de fibre, ce qui permet d'apprécier la finesse et la maturité.

Deux paramètres sont considérés pour rendre compte de la finesse des fibres : la finesse (H) qui correspond à la masse linéique réelle ; et la finesse standard (Hs) correspondant à la masse linéique qui serait obtenue dans des conditions idéales de maturité. Quant à la maturité, elle est exprimée par deux grandeurs définies à l'origine suivant des méthodes de mesure directes. Elles sont déduites sur les instruments « *air*

flow » par la corrélation qui les lie aux pertes de charge enregistrées (Hequet, 1994). Il s'agit du « *Maturity Ratio* » (MR) combinant les pourcentages des fibres normales et mortes, et du taux de fibres mûres (PM %).

Le complexe finesse-maturité est couramment exprimé sous forme d'Indice Micronaire (IM : combinaison des deux caractéristiques). Son utilisation est controversée et son interprétation doit être faite avec prudence. En effet, pour des cotons ayant un même IM, les deux composantes de finesse et de maturité peuvent varier, et la seule considération de cet indice ne rend pas compte de ces variations.

#### I.3.2.4 La résistance à la rupture de la fibre

La résistance mécanique des fibres est une caractéristique importante de laquelle dépendent, en grande partie, les propriétés mécaniques du fil. Elle peut être déterminée sur fibres individuelles ou sur faisceaux de fibres. La mesure sur faisceaux est la plus couramment utilisée ; elle peut être effectuée soit sur des appareils dits classiques comme le stélomètre (gradient de charge constant), soit sur HVI (gradient d'allongement constant). La résistance des fibres est généralement exprimée en charge spécifique de rupture, communément appelée « ténacité » dans le domaine textile. C'est la charge de rupture exprimée en cN rapportée à la masse linéique en tex (cN/tex, commercialement exprimée en g/tex). La mesure de la résistance est généralement accompagnée par celle de l'allongement relatif à la rupture exprimé en %.

### **I.3.3 Transformation de la fibre**

#### I.3.3.1 La filature du coton

La fibre de coton, mise en balles à la sortie des usines d'égrenage, est acheminée vers les unités de filature pour être transformée en fil. La filature regroupe toutes les opérations permettant la transformation de la masse désorganisée que sont les fibres, en une structure linéaire et cohérente constituant le fil. Selon qu'il s'agisse de coton à longues ou courtes soies, on parle de filature en cycle peigné ou cardé. La production de coton à courtes et moyennes soies étant plus massive, la filature du coton en cycle cardé est la plus répandue. Le cycle peigné produit des filés plus fins et de meilleure qualité mais nécessite une opération supplémentaire dans la préparation de la fibre, le peignage<sup>1</sup>, et est de ce fait plus coûteux.

Quelque soit le cycle de filature, les principes généraux de transformation de la fibre restent identiques et peuvent se résumer en quatre étapes essentielles (*Figure I-16*) :

- préparation au cardage : ouverture, mélange et nettoyage,

---

<sup>1</sup> Élimination d'une proportion contrôlée des fibres les plus courtes par des peigneuses (Bertheux et Dréan, 1988; Grosberg et Iype, 1999). Une opération de nettoyage est également effectuée (élimination de neps, de fragments de coque...).



- cardage : démêlage et individualisation des fibres, formation de la première structure linéaire continue,
- préparation au filage : orientation et parallélisation des fibres, premier affinage par réduction du nombre de fibres en section droite,
- filage : affinage et tordage pour former le fil.

Nous allons, dans la suite de ce paragraphe, explorer les principes généraux du processus de filature en considérant le cas d'une usine type de filature de coton cardé. Comme nous l'avons précisé ci-dessus, le procédé de filature peignée ne se distingue que par les étapes de préparation au peignage et de peignage.

#### I.3.3.1.1 La préparation au cardage

Cette étape, appelée également grosse préparation, est d'une importance primordiale dans le processus de filature. Elle remplit les fonctions de mélange, d'ouvraison, de nettoyage, et d'homogénéisation des fibres de coton.

- Mélange : les filateurs approvisionnent rarement leurs usines avec une seule origine de fibres de coton. Des mélanges sont constitués de diverses origines avec des considérations de qualité de fibre et de coût d'approvisionnement. Ces mélanges sont généralement réalisés aux premiers stades de la préparation. Les balles de différentes origines sont disposées côte à côte selon des proportions prédéterminées. Une machine appelée éplucheuse assure le prélèvement de flocons de fibres dans les balles et l'alimentation du circuit d'ouvraison et de nettoyage.
- Ouvraison et nettoyage (battage) : ces fonctions sont exécutées par des machines conjuguant une action mécanique et une action pneumatique. Le battage mécanique permet l'ouvraison et le dépoussiérage de la matière avec une première évacuation des déchets. L'action pneumatique permet l'élimination des impuretés de masse spécifique plus importante que celle des flocons de fibres. Une ligne de préparation industrielle contient en général deux ouvreuse-nettoyeuses ; la première ayant une action plus grossière que la seconde (nettoyeuse fine).
- Homogénéisation : une mélangeuse<sup>1</sup> est généralement incorporée dans la ligne de grosse préparation. Son rôle est d'assurer un mélange intime et une homogénéisation des flocons de coton provenant de balles d'origines différentes. L'efficacité de ce mélange est déterminante pour les étapes ultérieures de la filature, ainsi que pour le tissage et le finissage. Un mélange non homogène de la matière peut rarement être détecté et corrigé par les étapes suivantes du processus et peut donc conduire à des défauts graves dans le produit fini.

L'action d'ouvraison et de nettoyage en grosse préparation peut être plus ou moins intensive selon l'état initial de la matière. Un compromis doit être établi entre le degré de

---

<sup>1</sup> Certains constructeurs proposent des lignes de grosse préparation à deux mélangeuses avec la possibilité de doser les constituants du mélange.

propreté visé à la sortie, et l'agression subie par les fibres pendant la préparation. À la sortie du circuit de grosse préparation, les petits flocons de fibres sont généralement transportés jusqu'à la carderie (atelier de cardage) par voie pneumatique. Plusieurs cardes (jusqu'à une dizaine) sont alimentées par une même ligne de préparation.

#### I.3.3.1.2 Le cardage

Le cardage assure le démêlage et l'individualisation des fibres avec une ultime action de nettoyage. Les flocons de fibres, arrivant par les cheminées d'alimentation, passent par un premier point d'ouvraison et de démêlage exercés par un cylindre à garniture rigide appelé briseur. Les fibres sont ensuite transmises au grand tambour ayant également une garniture rigide. Dans la carder à coton, le tambour est recouvert de chapeaux à garniture souple. Le cardage proprement dit résulte de l'interaction entre le tambour et les chapeaux de carder qui, en maintenant les fibres tel un peigne, permettent leur individualisation sous l'action du tambour tournant à grande vitesse. Les fibres sont ensuite récupérées sous forme d'un voile par un troisième cylindre garni appelé peigneur. À la sortie, le voile de fibres est mis sous sa première forme linéaire continue : le ruban de carder ; ce dernier est récupéré dans des pots pour les opérations ultérieures.

Il existe différents points de nettoyage de la matière à la carder ; les plus importants sont le briseur, qui achève d'éliminer les grosses impuretés restées dans la fibre, et les chapeaux qui retiennent des impuretés plus fines telles que les neps et fragments de coque (cf. § II.2.4.2).

Les cardes modernes peuvent atteindre des vitesses de production d'environ 120 kg/h. Elles sont généralement équipées de dispositifs de régulation de la nappe d'alimentation et du ruban de sortie. Une aspiration appliquée aux points d'ouvraison permet l'évacuation des déchets et empêche l'échappement des poussières et des impuretés fines.

#### I.3.3.1.3 Préparation au filage

À la sortie de carder, le ruban est constituée de fibres plus ou moins orientées le long de son axe. Avant la constitution du fil, les fibres doivent être parallélisées et le ruban réduit à la masse linéique optimale pour le filage. Ce processus appelé étirage consiste à faire passer le ruban de fibres entre des paires de cylindres en pression, entraînées à des vitesses tangentielles différentes (banc d'étirage). La vitesse de sortie étant plus importante que la vitesse d'alimentation, le flux de fibres est étiré. L'alimentation du banc d'étirage se fait généralement par plusieurs rubans de carder parallèles. Ce procédé dénommé « doublage » permet une homogénéisation de la matière et une amélioration de la régularité par la compensation des éventuels défauts présents dans les rubans individuels. Deux passages de doublage-étirage, dont l'un muni d'un dispositif d'autorégulation de la masse linéique, sont généralement appliqués en industrie.

Certaines conditions sont nécessaires pour assurer un étirage convenable : les fibres doivent être capables de glisser individuellement les unes par rapport aux autres, d'où l'importance d'une bonne individualisation au cardage ; les écartements entre les rouleaux



d'étirage doivent être réglés en fonction de la longueur des fibres, de manière à permettre un glissement contrôlé de ces dernières et à empêcher le « craquage » ou le passage de paquets de fibres. Le non respect de ces conditions a des répercussions directes sur la régularité du ruban d'étirage et sur celle du fil.

Selon le procédé de filage envisagé (conventionnel ou non cf. § 1.3.3.1.4), le ruban d'étirage peut subir une deuxième opération de préparation destinée à affiner l'assemblage de fibres et à leur conférer une cohésion grâce à une première torsion. Cette étape appelée « banc à broche » est nécessaire avant le filage sur continu à filer conventionnel à anneaux et curseur, qui est alimenté par des mèches de banc à broche. D'autres procédés de filage dit non conventionnels sont directement alimentés par le ruban d'étirage.

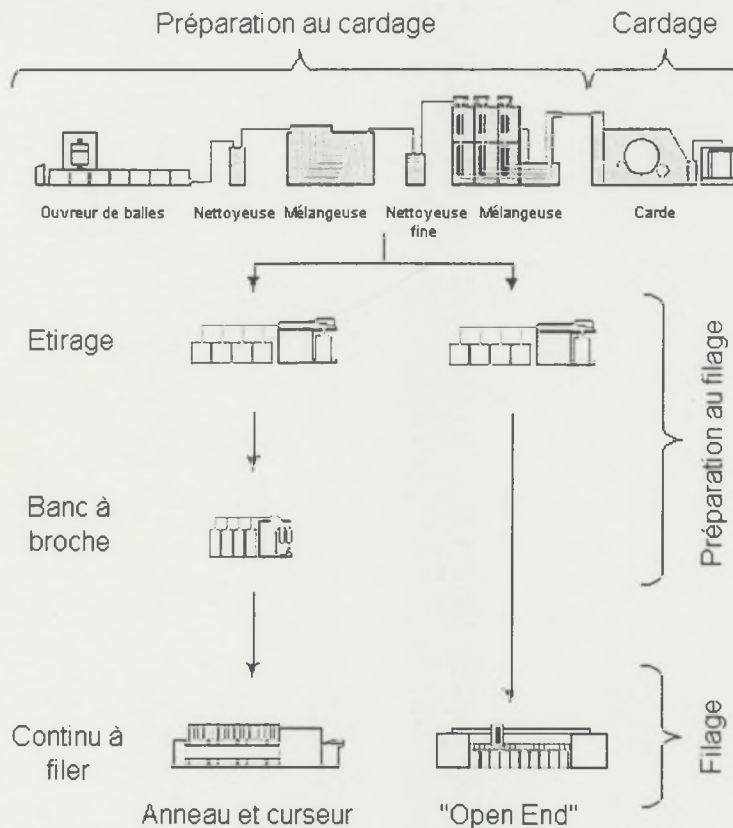
#### 1.3.3.1.4 Le filage

C'est la dernière étape avant l'obtention du fil. Elle consiste, après un affinage et une cohésion du flux de fibres obtenu, à son renvidage sur un support. L'affinage est obtenu par la diminution du nombre de fibres en section droite par étirage ; la cohésion est donnée par la torsion de la structure linéaire fibreuse. Comme mentionné ci-dessus, différents procédés de filage existent ; les principaux sont :

- La filature à anneaux et curseur, sous sa forme conventionnelle alimentée par des mèches de banc à broche, ou sa forme dite à double étirage alimentée directement par le ruban d'étirage. Dans les deux cas, la torsion est donnée par la rotation des broches qui portent le support de renvidage. Ce type de filage assure un traitement continu du flux de fibres sans perturber l'arrangement conféré le long des étapes de préparation. Sa vitesse est limitée par l'inertie de la bobine, la vitesse du curseur et la tension du fil. Les bobines de fil ou « cops » obtenues sur continu à filer sont de faible capacité. Une opération de renvidage supplémentaire est généralement nécessaire pour le transfert du fil sur des bobines dites « croisées » de plus grande capacité. Ce renvidage est effectué sur des machines appelées « bobinoirs » ; il est accompagné par une détection en ligne des gros défauts du fil à l'aide de capteurs optoélectroniques ou capacitifs. Selon l'importance des défauts détectés, une épuration suivie d'une rattache (par nœud ou épissure) sont effectuées.
- La filature à bout libéré : la plus utilisée est la filature à rotor communément appelée « *Open-End* » bien que ce terme puisse s'appliquer à d'autres procédés du même type. Elle consiste à individualiser les fibres du ruban d'étirage et à les injecter dans une turbine (ou rotor) tournant à grande vitesse. Une initiation de la formation du fil est effectuée par l'introduction dans la turbine d'un bout de fil qui vient cueillir les fibres plaquées contre la paroi du rotor. La torsion est conférée par la rotation de la turbine. Le fil est directement enroulé sur des bobines croisées après épuration. Ce procédé permet de grandes vitesses de filature.

D'autres procédés de filature non conventionnelle existent mais restent d'une utilisation marginale par rapport à ceux décrits ci-dessus. Ils utilisent divers moyens pour donner la cohésion nécessaire à la formation du fil ; nous pouvons citer la filature à jet d'air, celle à friction, la filature par guipage ou par collage...

Dans la suite de ce travail, nous allons désigner par RS (*Ring Spun*) les filés issus de la filature classique à anneaux et curseurs, et par OE (*Open End*) ceux issus de la filature à rotor.



**Figure I-16 : Représentation schématique d'une usine de filature de coton cardé, principales étapes du processus.**

### I.3.3.2 Le fil

Connaître la qualité des fibres travaillées est nécessaire pour pouvoir prédire la qualité du fil qui en est issu. Toutefois, ce n'est pas suffisant pour une caractérisation complète du fil étant donné qu'une multitude d'autres facteurs interviennent pendant le processus de transformation. En filature, un contrôle de la qualité de la matière est effectué à l'entrée des fibres en usine, sur les produits intermédiaires pendant la transformation et sur le fil en sortie d'usine. Dans les critères de caractérisation du fil, nous pouvons distinguer deux groupes qui sont pour la plupart communs à tous les textiles linéaires (ruban, mèche et fil). Le premier groupe est déterminé par l'usage auquel le fil est destiné et comprend :

- la finesse du fil (ou du ruban ou de la mèche), généralement exprimée par un titre ou masse linéique en tex (g/1000 m) ou par un Numéro métrique (Nm : longueur de fil par unité de masse ou m/g). Le titre du fil n'est normalement pas influencé par la qualité des fibres, il est déterminé uniquement par la succession d'affinages appliqués dès l'étirage et jusqu'au filage. Cela dit, en fonction de la finesse et de la longueur des fibres, des limites dites de « filabilité » sont imposées ; il s'agit du titre correspondant au nombre minimal de fibres en section droite nécessaire pour former le fil ;



- la torsion, exprimée en nombre de tours par unité de longueur (tr/m). On parle également de coefficient de torsion et de sens de torsion (S ou Z). La torsion est principalement dictée par l'usage auquel le fil est destiné. Toutefois, elle doit être réglée en fonction du titre du fil et de la longueur des fibres.

Le second groupe de critères relève de la régularité du fil et de ses propriétés dynamométriques, on y trouve :

- la charge spécifique de rupture, communément appelée ténacité, et l'allongement à la rupture : exprimés respectivement en centiNewton par tex (cN/tex) et en %, elles sont établies sur dynamomètre fil à fil ou à échevette ;
- la régularité de la masse : exprimée en U% (irrégularité), grandeur calculée à partir de l'amplitude des variations de masse du fil autour de la moyenne (coefficient de variation linéaire) ou en CV%, paramètre qui s'apparente au coefficient de variation de la masse de portions de fil de longueur donnée (longueur de coupe). D'autres critères sont mesurés, comme l'indice de régularité représentant le rapport entre la régularité réelle et sa valeur idéale pouvant être atteinte avec la qualité des fibres formant le fil. En effet, Spencer-Smith et Todd (1941) suivis de Martindale, en 1945, ont défini une limite de régularité ou régularité idéale pouvant être atteinte, et pas améliorée, à partir de fibres d'une qualité donnée. En 1947, Huberty introduisit l'indice de régularité, également appelé coefficient de Huberty. La régularité est généralement déterminée sur régularimètre à capteur capacitif (Zellweger, 1984; Dréan, 1987) et plus rarement par des méthodes optoélectroniques (Tsai et Chu, 1997; Zhang *et al.*, 1998). La mesure de la régularité peut également être effectuée sur d'autres formes linéaires que le fil (ruban, mèche) comme l'indique la norme ASTM D1425-96 (ASTM, 1996).
- Les défauts d'épaisseur ou irrégularités ; ils sont de deux types. Le premier est constitué par les défauts longs qui s'étendent sur une longueur au moins égale à la longueur moyenne des fibres (Zellweger, 1984; Zhang *et al.*, 1998). On y trouve les finesses (*thin places*) et les grosseurs (*thick places*). Le second type est constitué par les défauts courts, également appelés boutons et plus couramment « neps » ; ce sont des imperfections ponctuelles (< 4mm) pouvant représenter jusqu'à plus de 400% de la section moyenne du fil. Divers appareils de type capacitif ou optoélectronique réalisent des comptages d'imperfections (exprimé en nombre par km) pendant les tests régularimétriques. Les défauts de régularité du fil seront explorés plus en détail par la suite (cf. § II.1.2, II.2.3.4.2 et V.7.3).
- La pilosité (h) : c'est une mesure de la quantité de fibres non intégrées dans la structure du fil, elle est généralement exprimée par la longueur totale de portions de fibres qui dépassent sur une longueur de fil de 1 cm (Douglas, 1988).

Toutes ces caractéristiques décrivant la qualité du fil sont fortement dépendantes de la qualité des fibres. Divers auteurs ont montré la possibilité de prédire diverses caractéristiques du fil à partir des propriétés physiques des fibres à des fins de sélection ou autres (Ramey *et al.*, 1977; Gutknecht, 1984; Smith et Waters, 1985; Frydrych et Gourlot, 1993; Ethridge et Reiyao, 1997; May et Taylor, 1998).

### 1.3.4 Contraintes et besoins qualitatifs de l'industrie du coton

Le coton présente de nombreuses qualités qui en ont fait pendant des millénaires la fibre textile la plus utilisée dans le monde. La part de marché occupée par la fibre de coton dans le textile est cependant en baisse depuis quelques années. En effet, depuis l'apparition des fibres artificielles<sup>1</sup>, leur utilisation n'a cessé d'augmenter au fil des ans. La rapidité de cette croissance est accentuée par la découverte incessante de nouvelles fibres synthétiques<sup>2</sup> avec de nouvelles propriétés. L'apparition du polyester dans les années 50 a marqué une étape cruciale dans la configuration du marché mondial des fibres textiles.

La production mondiale de fibres chimiques est passée de 14,3 millions de tonnes en 1978 à 29,9 millions de tonnes en 1998 ; soit une augmentation d'environ 109% en vingt ans (Anonyme, 2000a). Au cours de la même période, la production et la consommation de fibres de coton n'a augmenté que d'environ 40%<sup>3</sup>. Cette situation risque encore de s'accroître dans les années à venir. Les prévisions concernant la demande de fibres chimiques, et plus spécialement le polyester, laissent prévoir une augmentation régulière jusqu'en 2003, alors que la demande de fibres de coton reste quasiment stable (US National Cotton Council, *in* Belleli, 1999).

Aujourd'hui, le coton se trouve donc face à une situation de plus en plus concurrentielle imposée par les fibres synthétiques. Désormais, il représente moins de la moitié de la consommation mondiale de fibres (46% en 1995 selon Butler, 2000; Van der Sluijs et Hunter, 1999), après avoir été prépondérant pendant de nombreuses années.

Pour faire face à cette concurrence, le monde du coton multiplie les efforts pour contourner les principaux inconvénients de la fibre de coton (Worsham, 1999). Ces inconvénients lui sont conférés par son caractère naturel et ne sont pas rencontrés dans le cas des fibres chimiques.

La variabilité des caractéristiques des fibres de coton constitue l'une des principales raisons qui pourraient expliquer ce recul relatif face aux fibres chimiques. La qualité des fibres est fortement liée au bon développement du cotonnier comme nous l'avons vu tout au long de ce premier chapitre. Elle est donc tributaire de facteurs environnementaux en partie incontrôlables (Boel, 1956). Dès lors, la constitution de lots homogènes nécessaires à la production de fil de qualité est devenue un besoin explicite formulé par les filateurs (Curran, 1992).

La présence d'impuretés dans la fibre de coton est un second problème qui se manifeste de plus en plus (Sasser et Watson, 1998; Schenek, 1998a; ITMF, 1999). Cette

---

<sup>1</sup> Les premières tentatives connues remontent au XVII<sup>ème</sup> siècle ; la commercialisation de la première fibre artificielle (rayonne : fibre à base de cellulose, imitant la soie) est l'œuvre d'un chimiste et physicien français, le Comte Hilaire de Chardonnet, qui installa à Besançon en 1891 la première fabrique au monde de fibres artificielles (Anonyme, 2000b).

<sup>2</sup> Terme utilisé pour désigner les fibres à base de polymères entièrement synthétisés à partir de composés pétrochimiques.

<sup>3</sup> En 1978 la production mondiale était de 12,933 millions de tonnes et la consommation de 13,703 millions de tonnes ; en 1998, elles sont passées à respectivement 18,531 et 18,922 millions de tonnes (ICAC, 1999b).



contamination entraîne des pertes de productivité et affecte la qualité du produit fini. Les filateurs ne se contentent plus de la détermination de la teneur en matières étrangères (cf. § 1.3.2.1), conception simpliste de la contamination du coton. Ils sont de plus en plus confrontés à des problèmes provoqués par des contaminants plus spécifiques. Les principaux sont le collage et les débris de coque de graines, objet de notre étude. De nouvelles méthodes de détection et de caractérisation de ces contaminants sont apparues au fil du temps pour répondre aux besoins des filateurs (Curran, 1992; Ethridge, 1999). Les contaminants de la fibre de coton, plus particulièrement les fragments de coque, vont faire l'objet d'une présentation détaillée dans le chapitre suivant.

Enfin, la froissabilité et le manque de stabilité dimensionnelle des étoffes en coton constituent un argument de plus qui plaide en faveur des fibres synthétiques et sont parmi les principaux défis que doit relever l'industrie cotonnière (Worsham, 1998)

**Chapitre II.**

**LES FRAGMENTS DE COQUES : L'UN DES PRINCIPAUX  
CONTAMINANTS DE LA FIBRE DE COTON**



## II.1 LES IMPURETES DU COTON

Le marché du textile en général, et du coton en particulier, devient de plus en plus concurrentiel. La survie à cette compétition passe inévitablement par la conciliation d'un produit de qualité avec une productivité rentable. Les filateurs, conscients des problèmes provoqués par les contaminants, sont de plus en plus sévères quant à la propreté de leur matière première. Ainsi, des décotes plus ou moins importantes sont appliquées aux cotons contaminés par des matières étrangères (Chen *et al.*, 1991).

Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent, les impuretés présentes dans la fibre constituent l'un des principaux inconvénients auxquels doit faire face l'industrie cotonnière. Ce problème n'est pas récent, la propreté des fibres a toujours fait partie des préoccupations du transformateur. C'est la raison pour laquelle cette caractéristique a été l'une des premières, avec la longueur, à être considérée comme critère de classement de la fibre de coton. Elle a d'abord été représentée par le grade, déterminé visuellement, puis par la teneur en matières étrangères déterminée de différentes manières (cf. § 1.3.2.1, II.2.3).

Le phénomène de la contamination du coton a été accentué par les avancées techniques de l'industrie cotonnière. La généralisation de la mécanisation des traitements à tous les stades de la transformation, notamment celui de la récolte, a eu un effet négatif sur la propreté des fibres. Cette dégradation a nécessité l'introduction de nouveaux traitements de nettoyage du coton ; ce qui s'est traduit par une augmentation des coûts de production de la fibre, sans que le problème soit complètement neutralisé. En effet, l'intérêt de ces opérations de nettoyage est souvent limité par l'effet négatif qu'elles peuvent avoir sur les propriétés intrinsèques des fibres, notamment sur la longueur qui peut être affectée par des traitements mécaniques trop agressifs (Gutknecht, 1960; Gutknecht et Roerich, 1963; Newton *et al.*, 1966; Chanselme et Lançon, 1988; Hughs et Bragg, 1991; Anthony, 1998).

La mesure de la teneur en matières étrangères toutes origines confondues, telle qu'elle est pratiquée, n'est plus adaptée aux besoins qualitatifs de l'industrie cotonnière. En effet, suivant la nature des impuretés, les problèmes rencontrés par le filateur, ainsi que les moyens d'y pallier, peuvent différer (Faerber, 1992; Hormes et Wulfhorst, 1995). Il est donc devenu nécessaire d'identifier la nature et l'origine de chaque type d'impureté, afin de mesurer les risques de perturbation du processus de transformation et de dégradation de la qualité du produit fini. Ceci permettra à tous les acteurs de la filière d'envisager les solutions possibles, s'il en existe, dès les premiers stades du processus. En effet, au fur et à mesure que le coton avance dans la chaîne de transformation, les pertes économiques engendrées par des contaminants non détectés s'amplifient à cause de la valeur ajoutée au produit à chaque étape.

D'autre part, avec l'accentuation de problèmes spécifiques dus à certains types de contamination, en particulier celle du collage et des débris de coque, de nouveaux critères sont requis pour la caractérisation de la fibre, afin de procurer des moyens palliatifs spécifiques à ces problèmes.

### II.1.1 Différents types de contaminants de la fibre de coton

Les contaminants de la fibre de coton peuvent être classés dans deux grandes catégories. La première est constituée par les matières étrangères d'origine artificielle retrouvées dans la fibre, la seconde concerne les impuretés d'origine naturelle (végétale ou entomologique). Nous allons présenter brièvement la nature et les types d'impuretés de chaque catégorie, et nous attacher par la suite à celles qui ont fait l'objet de nos travaux : les fragments de coques.

#### II.1.1.1 Contaminants artificiels

Si l'on peut s'attendre à trouver des impuretés végétales dans une fibre provenant d'une plante, comme c'est le cas pour le coton, on s'attend moins à la présence de particules d'origine artificielle. Selon Schlichter et Loesbrock (1997), la diversité des origines de contamination non naturelle touchant le coton peut parfois être surprenante. Ces sources de contamination sont presque illimitées, certains types de matières étrangères sont néanmoins rencontrés de manière plus fréquente.

Chess (1991), ainsi que Herber (1991), ont fourni une estimation de la contribution relative des principales sources artificielles de contamination de la fibre de coton en 1990. Ils ont attribué une part importante du problème (environ 50 %) aux matières plastiques de diverses origines (ficelles en polypropylène, sacs en plastique, etc....), puis aux fragments de tissus (25%), et enfin aux particules en caoutchouc, en métal ou en bois (20%). Les fibres de coton peuvent également être souillées par les graisses et les huiles de lubrification des différentes machines.

Selon Kuratle (1998), bien que ces contaminants soient très diversifiés et relativement peu fréquents dans la matière<sup>1</sup>, leur détection et leur élimination pendant la préparation au cardage sont facilitées par leur taille volumineuse.

Au vu des origines possibles de ces contaminants, il apparaît évident qu'ils peuvent être évités par une bonne gestion de l'emballage, du transport et du stockage des balles de coton. C'est ce qu'avait soutenu et recommandé en 1991 le « National Cotton Council's Quality Assurance and Education Committee » aux États-Unis (Chess, 1991; Herber, 1991).

Si toutefois le problème n'est pas entièrement résolu par l'action préventive, il reste aux filateurs le recours au nettoyage pendant la grosse préparation. Cette élimination passe par une détection optique et se fait généralement par l'éjection de la masse de coton contaminée. Son efficacité a été testée par Schlichter et Loesbrock (1997), qui ont introduit 100 particules de différents types dans une balle de coton non contaminée à l'origine ; ils en ont retrouvés 95 dans les déchets.

---

<sup>1</sup> La probabilité d'en rencontrer dans un échantillon de fibre est très faible ce qui rend difficile leur quantification en laboratoire.



### II.1.1.2 Contaminants d'origine naturelle

Bien que les contaminants d'origine artificielle constituent un problème préoccupant pour l'industrie du coton, ils demeurent marginaux par rapport au problème des impuretés d'origine naturelle. En effet, les impuretés naturelles proviennent de la plante même ou de son environnement et sont de ce fait plus difficiles à éviter.

Cette deuxième catégorie regroupe des particules de diverses origines, pouvant avoir des comportements différents pendant le processus de transformation, et des effets variés sur la qualité du produit fini. Selon la constitution de ces impuretés, nous pouvons en distinguer trois types :

- les imperfections liées à la graine et aux fibres (naps, neps, motes et fragments de coque, cf. ci-dessous),
- celles constituées par des particules végétales étrangères, dont la présence est liée principalement à la récolte et aux traitements mécaniques subis par le coton,
- les contaminations de nature entomologique notamment dans le cas du collage.

Depuis le début du siècle, bon nombre d'auteurs se sont efforcés de fournir des définitions et des classifications pertinentes adaptées à la spécificité de chaque type d'impureté (Summers, 1925; Pearson, 1933; Pearson, 1937). L'émergence de nouveaux outils de détection et de caractérisation de la contamination de la fibre de coton a entraîné l'apparition de nouvelles classifications (Schleth, 1994; Baldwin *et al.*, 1995; Frydrych, 1996; Mör, 1998; Ethridge, 1999).

Dans la suite de ce paragraphe, nous passons en revue les principaux types de ces particules gênantes rencontrées dans la fibre de coton.

#### II.1.1.2.1 Les « naps »

Les « naps » sont de gros amas de fibres enchevêtrées dont la présence est due, selon Gerdes et Bennett (1935), à de mauvaises conditions de préparation du coton-graine et à un égrenage grossier. Ces gros amas contribuent à l'appréciation de la « préparation » lors du classement de la fibre (cf. § 1.3.2) et peuvent conduire à des décotes. D'après Willis, (1932), les naps provoquent des difficultés mécaniques lors de l'ouvrison de la fibre. Il en résulte un taux élevé de fibres cassées, une perte excessive de matière et un fil irrégulier. Plus récemment, d'autres auteurs montrent que la qualité du fil n'est pas significativement touchée par la préparation grossière des fibres à l'égrenage (Bragg et Simpson, 1998). Seul le taux de perte de matière est, selon eux, significativement influencé.

Bien que le problème des naps risque d'être sévère pour le producteur concerné, il ne touche qu'un faible pourcentage de la production globale (0,3% de la production américaine en 1996 selon Bragg et Simpson, 1998).

### II.1.1.2.2 Les « neps »

Selon les définitions données par divers auteurs et autres normes (Midgley, 1931; Carmichael *et al.*, 1947; ASTM, 1971; ASTM, 1978), le terme « neps » désigne uniquement les petits enchevêtrements, ou nœuds, formés par une ou plusieurs fibres. Ils se distinguent des naps par leur petite taille et par la densité au centre de l'enchevêtrement. Les neps sont également distincts des autres imperfections similaires, pouvant inclure des particules végétales autre que les fibres telles que les débris de coques ou les mottes.

Pearson (1933; 1937 et 1944) considère les neps comme une conséquence d'un mauvais égrenage, comme c'est le cas pour les naps. Selon elle, ces structures n'existent pas dans la capsule native du coton et n'apparaissent qu'après la manipulation mécanique des fibres. D'autres auteurs rapportent cependant la présence de neps dans le coton-graine avant toute action mécanique (Harland, 1927 *in* Verschraege, 1989). Selon ces auteurs, la formation des neps est inhérente à certains types de cotons et peut avoir lieu pendant le développement de la capsule. Bien que les avis soient partagés sur le moment d'apparition des neps, tous les auteurs s'accordent sur le fait que c'est pendant l'égrenage que leur nombre augmente significativement.

La variété, ainsi que les conditions environnementales dans lesquelles la plante évolue, sont déterminantes pour le potentiel « neppeux » du coton (Mohamed et Sawan, 1977; Hebert *et al.*, 1986; Miravalle *et al.*, 1986; Mangialardi *et al.*, 1987; Anthony *et al.*, 1988a). En effet, ces facteurs ont une influence sur la structure et sur les propriétés technologiques des fibres et par conséquent sur leur aptitude à s'enrouler et à former des neps. Youssef *et al.* (1990) ont montré l'existence d'une relation significative entre la structure et la composition chimique des fibres (% en cellulose, taux de cire et degré de polymérisation) et leur prédisposition à former des neps. En considérant les propriétés technologiques des fibres, d'autres auteurs ont souligné l'importance de la maturité, la finesse, et la longueur des fibres comme facteurs déterminants dans la formation des neps (Lord, 1948; Alon et Alexander, 1978; Mangialardi et Meredith, 1990). D'après ces travaux, les fibres fines et immatures semblent être les plus impliquées dans la formation de ces imperfections. En examinant au microscope une quantité de neps prélevés à différents stades du processus, Hebert *et al.* (1988) ont observé la présence de fibres immatures dans 96% des cas.

L'égrenage et les opérations mécaniques du processus de transformation ont également un rôle déterminant sur la quantité de neps dans la fibre (Mangialardi, 1985; Yankey, 1996). Harrison et Barger (1986), ainsi que Hughs et Bragg (1991), montrent que le nombre de neps augmente avec l'agressivité des traitements mécaniques subis par la fibre. L'augmentation du nombre de passages de « lint-cleaner » après égrenage, par exemple, est de nature à accroître le nombre de neps dans la fibre (Mangialardi et Lalor, 1990; Mangialardi, 1995). Les neps sont ensuite retrouvés dans tous les produits des différentes étapes du processus textile (très visibles dans un voile, dans le fil et même sur le tissu), ce qui en fait l'une des imperfections les plus indésirables.

Les fibres immatures constituant les neps ne prennent pas la même nuance que le reste des fibres après teinture (Mehta et Salame, 1993; Hughs et Bragg, 1995; Bel-Berger *et*



al., 1997). Il en résulte généralement des petites taches blanches constituant des défauts de teinture dans le produit fini.

Il arrive souvent que des structures autres que les enchevêtrements de fibres, soient désignés comme neps. Summers (1925), par exemple, considère comme neps toute imperfection due à la présence de fibres ou particules autres que les fibres normales du coton. Plus récemment, la « British Standard Institution » (BSI, 1974) a inclus les débris de coque avec fibres attachées dans la définition des neps. Van der Sluijs et Hunter (1999) définissent les neps comme étant des « petits nœuds de fibres enchevêtrées constitués entièrement de fibres, ou de matière étrangère liée aux fibres ». Une distinction est cependant faite par ces auteurs entre les « neps fibre » (*fiber neps*) et les « neps coque » (*seed coat neps*). Hebert et al. (1988) considèrent également comme neps les enchevêtrements de fibres impliquant des particules étrangères. Il les désigne par le terme « neps biologiques » par opposition aux « neps mécaniques » ne contenant que des fibres.

Pour notre part, nous allons désigner par neps les structures n'incluant que des fibres, du moins en ce qui concerne la contamination des fibres de coton. En effet, le terme neps prendra une autre signification dès qu'il s'agira de parler des imperfections du fil (cf. § 1.3.3.2, II.1.2).

#### II.1.1.2.3 Le collage de la fibre

Le collage de la fibre est dû à la présence importante de sucres et, moins fréquemment, d'autres substances non cellulosiques (substances huileuses, graisses...etc.). Les sucres présents au niveau de la fibre peuvent être de deux types selon leur origine : les sucres physiologiques qui sont produits par la plante, et les sucres entomologiques sécrétés par deux insectes : le puceron *Aphis gossypii* et l'aleurode *Bemisia tabaci*. Notons que la contamination par les miellats d'insectes est la plus importante (Frydrych, 1996; Frydrych et al., 1999). Le collage provoque d'importantes perturbations au cours de la filature et se traduit par des pertes de production et par la présence de défauts de qualité dans le fil (Frydrych et al., 1995; 2000).

#### II.1.1.2.4 Les « motes »

Le terme « motes » est utilisé à tort en industrie du coton pour désigner tout ce qui est rejeté pendant l'égrenage et récupéré dans le « mote-box ». En réalité, les motes sont définies comme étant des graines immatures ou avortées (non fécondées), représentant une perte de rendement de culture. D'après Davidonis et Landivar (1994), la présence de motes est dépendante des conditions environnementales au cours du développement du cotonnier. Pearson (1949) distingue deux groupes de motes associés à deux causes possibles : celles dues aux attaques d'insectes et autres micro-organismes, et celles dues à de mauvaises conditions de culture.

Les motes peuvent être de taille variable et porter des fibres courtes ou longues. Dans les deux cas, les fibres ont une paroi cellulosique très mince (fibres immatures). Les motes sont en grande partie éliminées pendant l'égrenage. Selon Rayburn (1988), celles qui

demeurent dans la fibre peuvent être fragmentées et conduire à la formation de débris de coques (cf. § II.2.1). La présence des motes dans le coton-graine peut également entraîner une augmentation de la quantité de neps (enchevêtrements de fibres) à cause de l'immaturité des fibres qu'elles portent (Pearson, 1944; Evenson, 1955). Dans certains cas, les motes peuvent être pigmentées de vert. Les fragments qui en découlent, s'ils sont incorporés dans le fil, sont particulièrement problématiques à cause du maintien de leur couleur même après blanchiment (Elsner *et al.*, 1988).

#### II.1.1.2.5 Les débris végétaux (feuilles et tiges)

Les débris végétaux proviennent de la récolte ; suivant le type de récolte, manuelle ou mécanique, ceux-ci sont plus ou moins importants. Selon Bragg *et al.* (1993), l'introduction de la récolte mécanique s'est soldée par une présence accrue de ce type d'impuretés dans la fibre. Ces contaminants sont en grande partie éliminés pendant l'égrenage et la filature (Faerber, 1992; Galyon et Shofner, 1992). Cependant, l'aptitude au nettoyage peut varier d'un coton à un autre (Novick *et al.*, 1990; 1991). Pilsbury (1992), ainsi que Baker et Brashears (1993), rapportent que l'élimination des débris végétaux est d'autant plus difficile que leur taille est plus petite. Des caractéristiques morphologiques, notamment la forme et la pilosité des feuilles, peuvent également accroître la difficulté de nettoyage de certaines variétés de coton (Novick *et al.*, 1988; Hughs, 1992).

L'ITMF<sup>1</sup> a défini différentes classes de débris végétaux en fonction de leur taille. Ainsi, on désigne par « *trash* » les particules de taille supérieure à 500µm, par « *dust* » les particules de taille inférieure à 500µm, par « *fine dust* » les poussières de taille inférieure à 50µm, et enfin par « *microdust* » celles de taille inférieure à 15µm (particules respirables).

Price et Shaw (1989), de même que Brashears *et al.* (1992), montrent qu'une quantité trop élevée de débris de tige peut avoir un effet négatif sur la performance des filatures RS et OE. D'après Bragg et Simpson (1991), ce sont les fragments de tiges de taille importante qui sont susceptibles de provoquer des casses en filature. D'autres auteurs rapportent cependant que la contribution des débris de tiges dans les casses en filature est inférieure à celle des débris de coques (Mangialardi, 1988). D'autre part, l'effet des débris de tiges et de feuilles sur la régularité du fil reste marginal par rapport à celui des neps et des fragments de coque (Dréan *et al.*, 1998; Gourlot *et al.*, 1998b; Krifa *et al.*, 1999).

#### II.1.1.2.6 Les débris de coque ou Seed-Coat Fragments (SCF<sup>2</sup>)

Les SCF sont produits lors de l'égrenage. Ils sont définis par la norme ASTM (ASTM, 1980) comme étant « des portions d'enveloppes de graines qui ont été arrachées ou coupées à partir de graines matures et/ou immatures durant le processus mécanique de transformation. Ils sont généralement noirs ou brun-foncés et peuvent porter ou pas des fibres ou des duvets qui leurs sont attachés. Les SCF sont distincts des autres imperfections

---

<sup>1</sup> International Textile Manufacturers Federation

<sup>2</sup> Cette abréviation sera utilisée dans ce document pour désigner les fragments de coques.



rencontrées dans le coton, telles que les neps, les motes, les fragments de feuilles et de tiges. Ils n'incluent pas les graines immatures entières, cependant ces dernières constituent l'une des sources de SCF lorsqu'elles sont fractionnées ».

Du fait de leur composition, les fragments de coque sont souvent considérés par certains auteurs comme étant des neps (cf. § II.1.1.2.2). D'autres auteurs les incluent dans la classe des matières végétales étrangères ou « *trash* » (Faerber, 1992). Ce manque de distinction entre les différents types d'impuretés peut conduire à des conclusions erronées de la part des sélectionneurs, des producteurs et des industriels quant à l'origine précise des imperfections rencontrées dans le fil et dans le produit fini.

Toutefois, les SCF sont depuis quelques années considérés avec une attention à la hauteur des perturbations spécifiques qu'ils occasionnent (Naarding, 1986). Actuellement, les débris de coque représentent, avec les miellats d'insectes, la pollution la plus importante de la fibre de coton et préoccupent fortement les filateurs (Curran, 1992; ITMF, 1999). Nous allons les décrire en détail dans le paragraphe II.2, en nous intéressant à leur formation, leur détection, leur caractérisation et leur contribution dans la perturbation du processus de la filature et dans la qualité du fil. Mais auparavant, nous allons décrire la classification des différentes imperfections provoquées dans le fil par les impuretés décrites dans le présent paragraphe.

### II.1.2 Les imperfections du fil

Nous avons présenté, au paragraphe I.3.3.2 du premier chapitre, les différentes imperfections de régularité du fil : les points minces, les points gros et les boutons ou neps. Le terme « neps » prend ici une autre signification que celle utilisée pour définir les enchevêtrements de fibres immatures rencontrés dans le coton brut (ASTM, 1971; 1978). Dans le cas du fil, il désigne des défauts courts, d'une longueur de 1 à 2 mm, selon Van der Sluijs et Hunter (1999). Ces défauts peuvent dépasser 500% de la section moyenne du fil.

Les définitions de ces imperfections découlent des méthodes régularimétriques couramment utilisées en industrie pour les détecter (Zellweger, 1984). Des seuils de sensibilité sont fixés aux régularimètres pour tenir compte de la longueur et de l'épaisseur du défaut (amplitude de la variation de la masse). Les sensibilités généralement prises en compte pour la détection des neps sont de +200% pour le fil issu de filature classique (RS), et de +280% pour le fil produit en filature à rotor (OE). Douglas (1989) justifie cette différence de sensibilité par le fait que, pour la filature OE, les neps sont incorporés à l'intérieur de la structure du fil et sont par conséquent moins visibles à l'œil humain sur les produits finis.

Les points gros et les points minces sont généralement considérés comme conséquence d'un mauvais glissement des fibres pendant l'affinage du ruban ou de la mèche (Boel, 1956; Locher et Ernst, 1971; Grosberg et Iype, 1999). Les neps, quant à eux, sont en majorité directement liés à la contamination de la matière première (cf. § II.1.1.2). Il en découle la classification suivante des neps du fil (Frydrych et Gutknecht, 1989) :

- Les neps fibres, pouvant être de différents types : les neps immatures (Figure II-1, a) ou « shiny neps » pouvant donner des défauts de teinture, les neps mécaniques ou « process » créés durant les diverses étapes du processus (soulèvement de fibres ; Figure II-1, b).
- Les neps coques ou neps constitués par les SCF non éliminés lors du processus de nettoyage et de cardage (Figure II-1, c),
- Les neps collants (Figure II-1, d) constitués par des miellats d'insectes,
- Les neps divers, principalement provoqués par les débris végétaux (Figure II-1, e).

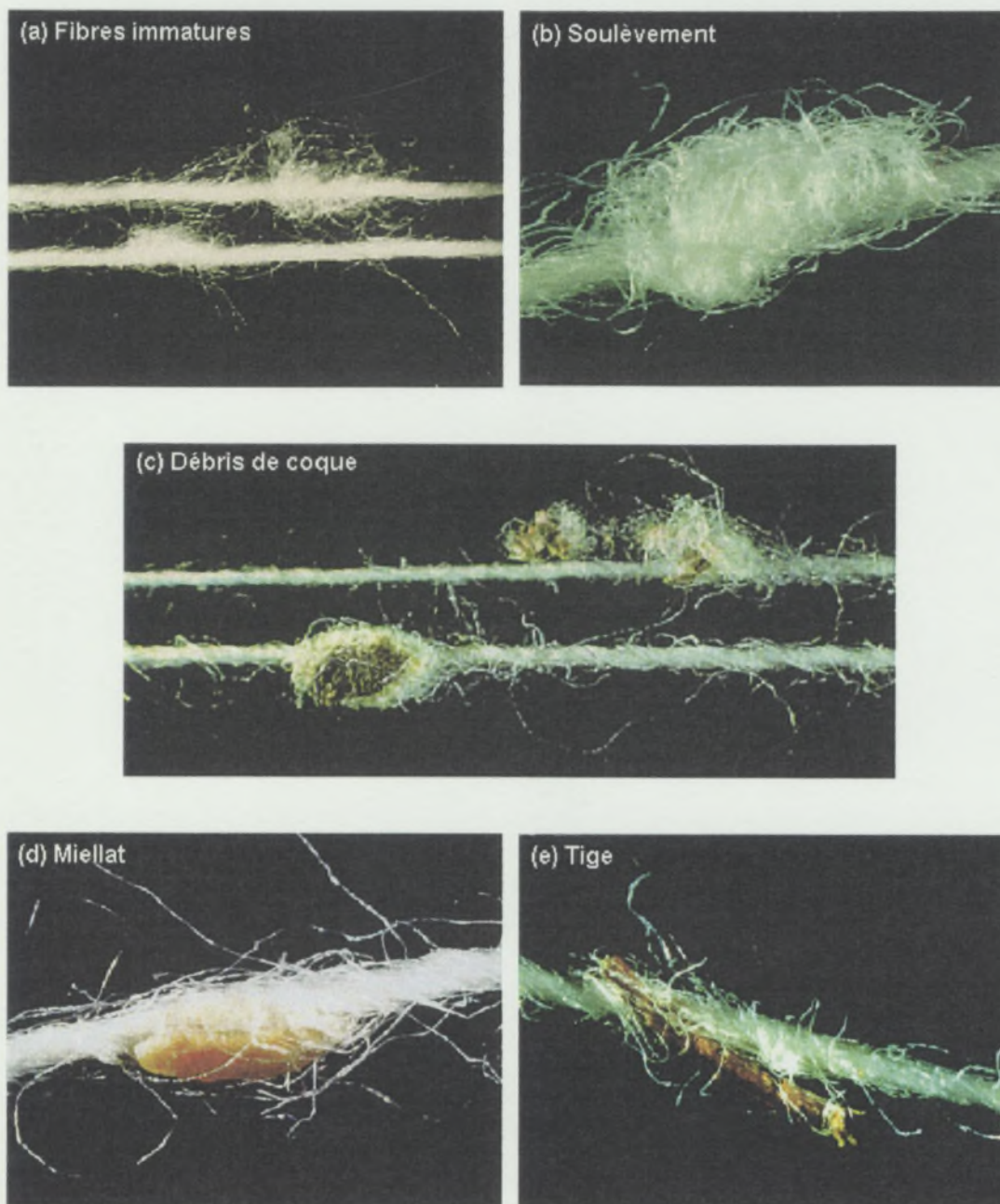


Figure II-1 : Classification des neps du fil (clichés R. Frydrych).



## II.2 LES FRAGMENTS DE COQUE (SCF)

### II.2.1 Formation des SCF

Les SCF sont essentiellement générés pendant l'égrenage, opération qui consiste à séparer les fibres des graines de coton. Pearson (1933; 1955) distingue deux classes de SCF : les fragments de graines matures et ceux issus de graines immatures. Deux modes de formation sont possibles : arrachement de la coque ou fragmentation des graines pendant les traitements mécaniques (Barger, 1990).

#### II.2.1.1 Arrachement de la coque

Pendant l'égrenage, une tension est exercée sur les mèches de fibres pour les séparer des graines. Cette tension peut entraîner la rupture des couches superficielles du tégument externe de la graine. Les fibres sont donc arrachées avec des fragments de l'enveloppe (Mangialardi, 1993). D'après Evenson (1955), l'arrachement constitue le mode de formation de la grande majorité des SCF en égrenage à rouleau.

Afin de comprendre le mécanisme de l'arrachement de la coque pendant l'égrenage, il convient ici d'aborder brièvement quelques aspects morphologiques du tégument de la graine et de sa jonction avec la fibre. Bon nombre d'auteurs se sont penchés depuis de nombreuses années sur cet aspect, et sur sa relation avec l'égrenage et la formation des fragments de coque (Smith et Pearson, 1941; Waterkeyn, 1987b; Vigil *et al.*, 1994; Bachelier, 1998).

Les fibres se développent, comme nous l'avons mentionné au premier chapitre (*cf.* § 1.3.1), à partir des cellules épidermiques de l'ovule. À sa jonction avec la graine, la fibre forme un « pied » enfoui sous l'épiderme, assurant son ancrage dans la coque (Waterkeyn, 1987a, *Figure II-2*). Ce pied est prolongé par un étranglement formant la partie basale de la fibre au niveau de l'épiderme de la graine. La partie externe de la fibre commence par un renflement appelé coude et se prolonge en prenant son diamètre normal (*Figure II-2*).

Dans une configuration optimale de l'égrenage, la séparation entre la graine et la fibre se ferait par la rupture de celle-ci à son point de moindre résistance (juste en dessous du coude). Ceci devrait permettre un égrenage sans arrachement de la coque ni cassure des fibres. Seulement, il peut arriver que cette séparation soit effectuée par un déracinement total de la fibre et non par sa rupture. Dans ces cas-là, le pied de la fibre entraîne un fragment des couches externes du tégument et on assiste à la formation d'un SCF par arrachement de la coque.

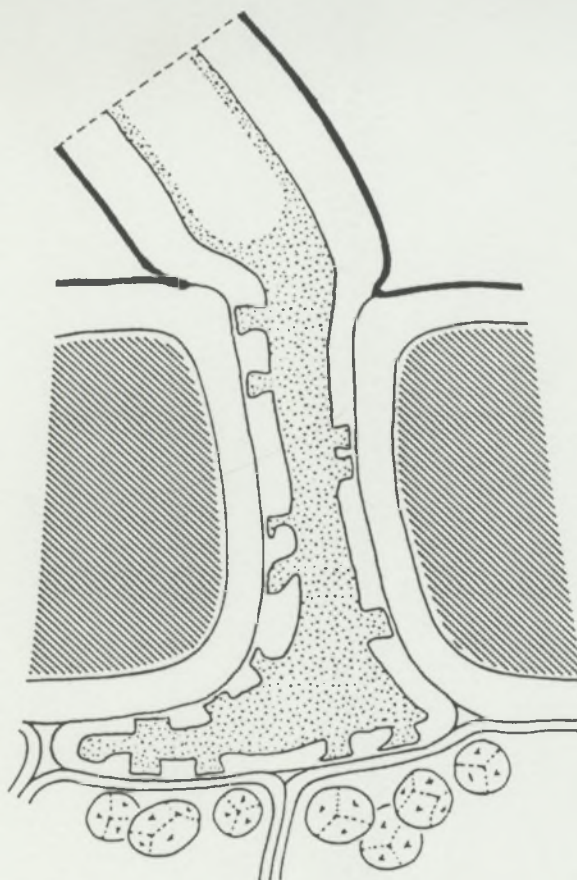


Figure II-2 : Pied de la fibre (Waterkeyn, 1987a).

De nombreux travaux ont montré que cet arrachement se produit principalement dans la zone de la chalaze (zone arrondie de la graine, cf. *Figure I-10*). Cette partie de la graine semble être particulièrement prédisposée à l'arrachement pendant l'égrenage (Fransen *et al.*, 1984; Verschraege et Kiekens, 1987; Bargerion et Garner, 1989b; Bargerion et Hughs, 1991).

Pearson (1939) a étudié les particularités histologiques de cette partie de la graine. Elle a constaté que, dans cette zone, l'une des couches cellulaires du tégument (plus précisément le mésophylle externe<sup>1</sup>), prenait un aspect spongieux (*Figure II-3*). En s'éloignant de la chalaze, ce tissu devient de plus en plus dense et fini par prendre une structure plus compacte s'étendant sur le reste de la graine (*Figure II-3*). Cette structure spongieuse est due, selon Evenson (1955), à un espace inter-cellulaire plus large dans le tissu du mésophylle externe de la chalaze. La structure peu compacte de ce tissu fragilise la coque. La chalaze constitue donc un point faible du tégument de la graine, ce qui explique les arrachements pendant l'égrenage (*Figure II-4, -a-*).

La fragilité des tissus du tégument de la graine dans la zone de la chalaze a été confirmée par des travaux plus récents (Desplans, 1996; Bachelier et Desplans, 1999).

<sup>1</sup> Le mésophylle externe : couche sous-jacente à l'épiderme externe de la graine (Reeves et Valle, 1932; Balasubramanya *et al.*, 1988; Ryser *et al.*, 1988).

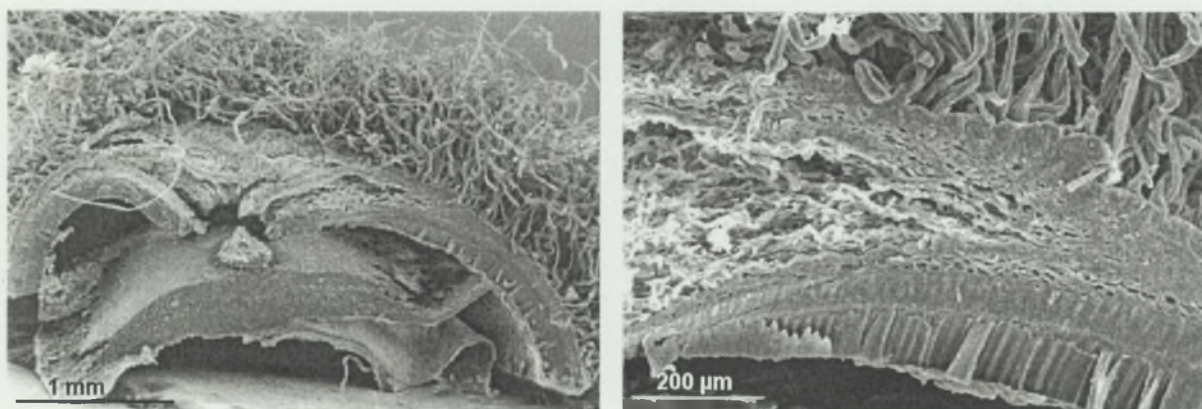


D'autres explications des arrachements particulièrement fréquents à la chalaze peuvent également être trouvées dans la littérature. Aiyangar (1951 in Evenson, 1955) par exemple, rapporte que la force d'attachement entre la fibre et la coque est plus importante au niveau de la chalaze que dans le reste de la graine. Ceci serait dû à la structure de la base des fibres natives de la chalaze, qui est marquée par un pied s'étalant largement sous l'épiderme. L'hypothèse d'une force d'attachement fibre-graine, supérieure dans la zone de la chalaze, est toutefois contredite par Smith et Pearson (1941) et plus récemment par Fransen *et al.* (1984). Ces derniers auteurs ont montré que c'est au micropyle que la force d'attachement des fibres est la plus élevée.

#### II.2.1.2 fragmentation de la graine

Les fragments de coques peuvent aussi être produits par la casse des graines durant la manipulation mécanique lors de l'égrenage (*Figure II-4, -b-*), surtout s'il s'agit d'un égrenage à scie (Frey et Schneider, 1989; Mangialardi, 1993). Des graines et des motes peuvent également demeurer dans la fibre après égrenage (Barger et Garner, 1988a; Fournier et Gutknecht, 1990). Elles peuvent être fractionnées pendant les opérations ultérieures et donner naissance à des SCF. La fragmentation des graines est d'autant plus marquée que l'action mécanique, pendant l'égrenage et le nettoyage, est intensive (Mangialardi et Naarding, 1988; Mangialardi *et al.*, 1993).

D'après Mangialardi (1988) et avant lui Pearson (1933; 1955), les motes et les graines immatures sont une source importante de SCF produits par fragmentation. Pour des raisons de conditions de culture perturbées (climat, insectes piqueurs...), ces dernières développent une coque plus fragile que les graines matures. De plus, leur petite taille leur permet de passer à travers la grille des égreneuses à scie et d'être fragmentées au cours des étapes suivantes du processus (Rayburn, 1988).



**Figure II-3 : Coupe longitudinale de la graine au niveau de la chalaze – Vue au microscope électronique à balayage du tissu du mésophyle externe (clichés J. Desplans).**



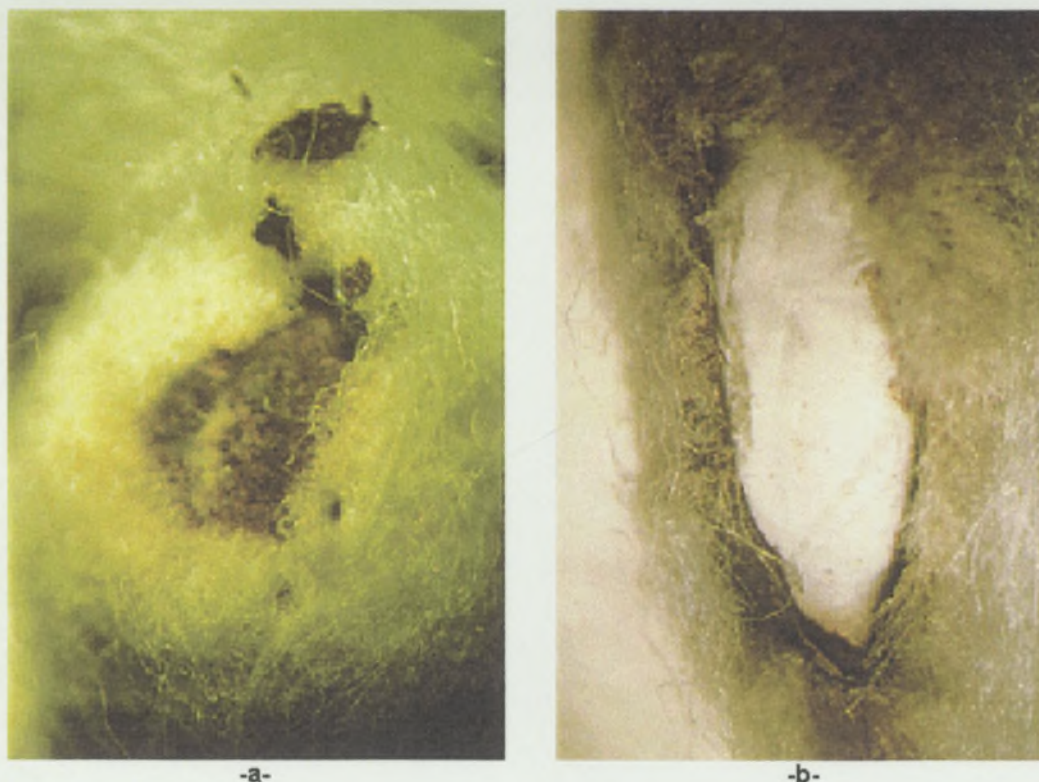


Figure II-4 : Arrachement de la coque (-a-) et graine cassée (-b-)  
(clichés B. Bachelier).

### II.2.2 Facteurs influençant la teneur en SCF dans le coton

Afin de pouvoir adapter les méthodes de production en vue de réduire les SCF et valoriser les cotons, il est nécessaire de connaître les facteurs dont dépend la quantité de ces impuretés dans la fibre. De nombreux travaux ont été effectués pour rechercher ces facteurs de variabilité.

Bargerion et Garner (1988b) dressent une liste résumant les principales sources de variabilité de la contamination de la fibre par des SCF. On y trouve en premier rang le facteur variétal, suivi par l'environnement de culture (lieu, conditions agro-climatiques, ravageurs...). L'auteur souligne également l'importance de la variabilité induite par la récolte (date et mode de récolte), ainsi que par le processus d'égrenage (nettoyage, séchage, égrenage et *lint-cleaner*). D'autres auteurs se sont intéressés aux relations entre l'aptitude à la formation des SCF et les caractéristiques intrinsèques de la graine et de la fibre, elles-mêmes dépendantes de la variété, des conditions de culture et du processus de transformation (Chapman, 1972; Van Langenhove *et al.*, 1990; Abrams *et al.*, 1993; Heap et Greenwood, -).

Le présent paragraphe est consacré à une synthèse des divers travaux rencontrés dans la littérature se rapportant aux sources de variabilité des SCF.



### II.2.2.1 Influence génétique

Les caractéristiques morphologiques de la graine et notamment les particularités histologiques de la chalaze sont, d'après divers auteurs, liées aux variétés de coton. Ainsi, la forme et les dimensions de la base de la fibre (pied), et donc son ancrage dans l'épiderme de la graine, présentent selon Fryxell (1964) et Bachelier (1998), une importante variabilité génétique. Bourland et Bird (1983) montrent également l'héritabilité de plusieurs paramètres morphologiques de la coque de la graine. L'aptitude à l'arrachement de la coque dans la zone de la chalaze est donc un caractère génétique inhérent aux espèces de cotonnier et aux variétés au sein d'une même espèce.

Par ailleurs, McDaniel (1990) et Bowman (1996) ont testé la résistance mécanique de la coque de la graine sans se focaliser sur la zone particulière de la chalaze. Il ont conclu à l'existence d'une forte variabilité génétique de ce critère. Il apparaît donc que la deuxième source de SCF, à savoir la fragmentation de la graine sous l'action mécanique, possède également un caractère variétal.

Quelle que soit le mode de formation des SCF, leur abondance est dépendante des variétés de coton. Gourelot *et al.* (1995a) ont évalué l'importance de l'aspect variétal dans la détermination du taux de SCF dans le fil. Après un essai de filature effectué sur 5 variétés expérimentées dans 6 localités, l'héritabilité au sens large était d'environ 75% (rapport de la variance d'origine génétique à la variance totale). De même, divers autres auteurs démontrent également que la quantité de SCF dans le coton, en considérant toutes les sources possibles, est un caractère génétique (Pearson, 1955; Mangialardi, 1986; Bachelier, 1997).

### II.2.2.2 Influence des conditions de culture

Le développement et l'épanouissement du cotonnier sont liés à une multitude de facteurs agro-climatiques (conditions de culture, climatologie, sol). Ces derniers ont également une influence sur la quantité de SCF dans le coton. En effet, les éventuelles perturbations de l'un ou l'autre paramètre relatif au déroulement de la culture se répercutent sur la globalité des propriétés des fibres et de la graine.

Dans une étude concernant plusieurs variétés de coton, cultivées durant deux années avec trois périodes de récolte différentes, Anthony *et al.* (1988b) montrent que la variation du nombre de fragments de coque vient principalement de la différence entre les deux années de culture caractérisées par des conditions climatiques différentes. L'influence variétale a été minimisée par un choix approprié des variétés étudiées (5 variétés ayant environ le même potentiel de formation de SCF). Kechagia et Xanthopoulos (1998) ont également souligné l'importance de la variabilité de la quantité de SCF d'une campagne à l'autre.

D'après Verschraege et Fransen (1988), les variétés ne réagissent pas toutes de la même façon aux changements de conditions de culture. Il faut donc prendre toujours en compte l'interaction entre ces deux sources de variabilité dans l'étude du potentiel de formation de SCF. D'autres auteurs ont également attiré l'attention des sélectionneurs sur

l'existence de cette interaction et sur la nécessité de combiner les deux facteurs dans les études réalisées pour la réduction des SCF dans le coton (Pearson, 1944; Bargerion, 1992).

### II.2.2.3 Influence des traitements mécaniques

Le coton-graine, après avoir été récolté, subit l'opération d'égrenage complétée parfois d'un nettoyage des fibres au *lint-cleaner*. La qualité du matériel et les conditions dans lesquelles les opérations se déroulent (vitesse de production, réglages, humidité, etc) ont un impact sur la quantité d'impuretés trouvées dans le coton. Ceci est particulièrement valable pour la teneur en SCF, puisque c'est au cours de ces opérations qu'ils vont être formés.

D'après Bargerion et Garner (1988a), ainsi que Mangialardi (1993), l'endommagement des graines peut avoir lieu dès la récolte. La récolte mécanique augmente le pourcentage de graines endommagées et fragilisées, ce qui accroît la quantité de SCF dans le coton égrené.

La préparation du coton-graine avant égrenage (nettoyage, séchage / humidification) peut également constituer une source supplémentaire de variabilité de la quantité de SCF dans la fibre. Les avis sont partagés quant à l'effet de la teneur en humidité du coton-graine sur le degré d'endommagement des graines. Des essais réalisés par Moore et Shaw (1967) ont montré qu'une augmentation du nombre de graines endommagées était associée à une faible teneur en humidité du coton-graine<sup>1</sup>. Verschraege et Fransen (1988), de même que Columbus et Mangialardi (1994)<sup>2</sup>, indiquent au contraire, qu'une augmentation de l'humidité du coton-graine contribue à accroître la quantité de SCF dans la fibre. C'est Mangialardi (1993) qui résolut le problème en proposant un intervalle optimal de taux d'humidité<sup>3</sup>, en dehors duquel il y a une augmentation considérable du degré d'endommagement des graines lors de l'égrenage.

Au cours de l'égrenage proprement dit, plusieurs facteurs peuvent également influencer la quantité de SCF formés. Hughes *et al.* (1992) rapportent que l'espacement entre les barreaux de la grille des égreneuses à scie pourrait avoir un effet significatif sur la teneur de la fibre en SCF. Rayburn (1985) et Mangialardi *et al.* (1988) montrent que l'augmentation des vitesses d'égrenage engendre une augmentation significative de la quantité de SCF générés, en plus d'une diminution de la longueur et de l'uniformité des fibres. Ici encore, des phénomènes d'interaction peuvent être rencontrés. À l'issue d'une étude comparative de différentes égreneuses de laboratoire, Chanselme *et al.* (1998) ont montré l'existence d'une interaction significative entre le facteur variétal et le type d'égreneuse pour le nombre de SCF dans la fibre. La sélection variétale doit donc être faite au regard du type d'égrenage utilisé (Bachelier, 1998).

---

<sup>1</sup> (Mangialardi, 1993) rapporte les résultats de cette étude. Quatre teneurs en humidité dans le coton-graine ont été testées : 16,5% ; 12,5% ; 8,5% et 8%. Le pourcentage de graines endommagées pendant le nettoyage et l'égrenage était respectivement de 13,3% ; 12,7% ; 22,4% et 17,6%.

<sup>2</sup> L'auteur a constaté une augmentation significative du pourcentage de graines endommagées (de 11,1% à 23,1%) pour une augmentation du taux d'humidité de 11,6% à 14,5%.

<sup>3</sup> Entre 8% et 22%. L'auteur indique que de plus amples études sont nécessaires pour fixer les limites de l'intervalle au vu des valeurs contradictoires fournies par les différents auteurs.



Après égrenage, la fibre passe au « *lint-cleaner* » pour être débarrassée des impuretés résiduelles n'ayant pas été enlevées au cours des opérations précédentes. Deux types de « *lint-cleaner* » existent sur le marché : pneumatique ou à scie. Mangialardi (1990) montre que le premier type est peu efficace dans l'élimination des SCF. Quant au second, son action est nettement plus complexe. En effet, il élimine effectivement une partie des SCF, ce qui se traduit par la diminution de la masse de ces impuretés dans la fibre. En revanche, le nombre des SCF ne varie pas significativement et peut même augmenter. En effet, durant le nettoyage, une partie des gros SCF peut être éliminée tandis qu'une autre partie est fragmentée, accroissant le nombre de fragments de petite taille (Mangialardi et Shepherd, 1968; 1969; Mangialardi, 1987; 1992).

L'effet du « *lint-cleaner* » sur la quantité et la distribution des tailles des SCF a joué un rôle important dans l'aggravation au fil des décennies des problèmes engendrés par les SCF. D'après Naarding (1986) et Macdonald (1997), l'usage intensif du « *lint-cleaner* », notamment aux États-Unis, a été le facteur déclenchant de la recrudescence des problèmes dus aux SCF. L'amélioration du grade, par la production d'une fibre « optiquement » plus propre, s'est soldée par la présence accrue de petits SCF dans la matière, par l'augmentation du taux de fibres courtes et par la dégradation de la longueur (Price *et al.*, 1992). Les petits SCF se sont avérés particulièrement problématiques pour les machines de filature qui n'étaient pas adaptées pour lutter contre cette contamination. Ceci s'est soldé par une perte de productivité et une dégradation de la qualité.

Tous les acteurs de l'industrie du coton ont pris conscience de la nécessité d'un usage raisonné des « *lint-cleaners* » afin de limiter l'incidence des SCF sur le processus de la filature et sur la qualité du produit fini d'une part, et de préserver la qualité de la fibre d'autre part.

#### II.2.2.4 Relation entre les SCF et les propriétés de la graine et de la fibre

Au vu du caractère héréditaire du potentiel de formation de SCF et du manque d'efficacité des opérations de nettoyage, il est apparu que la sélection de variétés à faible teneur en SCF serait une des principales solutions du problème. Encore faut-il que ce caractère ne soit pas en corrélation négative avec d'autres propriétés importantes des produits du cotonnier (graine et fibre).

De nombreux auteurs ont étudié les relations entre les propriétés physiques des graines, des fibres de coton et la quantité de SCF ; le principal objectif étant de réduire le nombre de SCF tout en conservant les caractéristiques des fibres.

Gupta et Radhakrishnan (1961) ont montré, par des essais d'égrenage à la main et des comptages visuels des arrachements de la coque à la chalaze, que plus la masse de fibres portées par une graine (ou « *lint index* » : masse de fibre obtenue à partir de 100 graines) est élevée, plus le risque d'arrachement de la coque est important. Selon les mêmes auteurs, sélectionner des variétés en se basant sur une faible teneur en SCF revient à diminuer le rendement en fibres. Toutefois, ils ont souligné le fait que la sélection de variétés à fort taux de fibres (« *lint index* » élevé) pourrait conduire à une réduction de la quantité de SCF par

unité de masse de fibre en réduisant le nombre de graines nécessaires pour une quantité de fibres donnée. L'auteur a également mentionné le fait que les variétés à graines nues (généralement des variétés longues soies sans duvet ou *linter*) offrent en général une faible résistance à l'égrenage et présentent moins de risques d'arrachement de la coque. Innes et Wimble (1976) ont étudié cette caractéristique en vue de l'introduire dans des variétés à soies moyennes (*G. hirsutum*).

Smith et Pearson (1941), de même que Fransen *et al.* (1984), ont étudié la force d'attachement des fibres aux graines ainsi que son effet sur le déroulement de l'égrenage et sur le potentiel de formation de SCF. L'un et l'autre sont parvenus aux mêmes conclusions : la diminution de cette force est de nature à réduire la formation des SCF. D'autre part, la quantité d'énergie nécessaire pour la séparation des fibres à l'égrenage est moindre ; et par conséquent, les graines, autant que les fibres, seront moins endommagées. Par ailleurs, Verschraege et Kiekens (1987) montrent qu'il n'existe aucune corrélation négative entre la force d'attachement fibres-graine et les propriétés technologiques de la fibre (résistance et maturité notamment), ce qui est selon eux encourageant pour une sélection de variétés avec une force d'attachement réduite, permettant un égrenage plus facile, produisant peu de SCF et préservant la qualité de la fibre.

En plus de l'énergie de séparation fibres-graine, Van Langenhove *et al.* (1990) ont montré que la densité d'implantation des fibres (nombre de fibres par unité de surface de la graine) a une relation négative significative avec la quantité de SCF rencontrée dans le coton. En revanche, la résistance mécanique de la coque et de la fibre n'ont pas été retenues comme paramètres significatifs dans cette étude. Dans une autre étude, Hebert et Thibodeaux (1989; 1993) trouvent une relation significative entre la résistance des fibres et la teneur en SCF. Ils expliquent cette relation par le fait que plus les fibres sont résistantes, plus il y a un risque de rompre la coque avant la fibre pendant l'égrenage.

Bargerion et Garner (1989a; 1991) ont mesuré différentes propriétés des graines se rapportant notamment à leur taille et à leur masse. Ils ont constaté l'existence d'une relation significative entre ces paramètres et le nombre de fragments de coque présents dans le tissu. Mangialardi *et al.* (1993) ont également étudié les caractéristiques des graines et des fibres en relation avec la contamination de ces dernières par des SCF. Suite à ces travaux, ils ont conclu que la taille et la maturité des graines ont une influence sur le degré d'endommagement des graines pendant l'égrenage et sur la quantité de fragments de coques.

D'autres caractéristiques relatives aux graines ont également été évoquées par divers auteurs (McDaniel, 1979; Abrams *et al.*, 1993). Il en ressort que la sélection variétale pour la réduction des SCF, en limitant la quantité de graines endommagées, ne peut qu'être bénéfique pour la qualité de la graine (pouvoir de germination, qualité en huilerie...).

L'amélioration variétale pour un coton à faible teneur en SCF, sans interactions indésirables avec la qualité de la fibre ou de la graine, semble donc possible. C'est ce qu'a récemment démontré Bachelier, dans un programme d'amélioration variétale conduit au Cameroun entre 1993 et 1998 (Bachelier, 1998; Bachelier et Lassus, 2000).



### II.2.3 Méthodes d'identification et de quantification des SCF

Compte tenu de la spécificité des SCF, de par leurs origines, leur comportement pendant le processus de filature et leur effet sur la qualité du produit textile (*cf.* § II.2.4), il s'est avéré nécessaire de disposer de méthodes spécifiques capables de les identifier et de les quantifier. En effet, pour pouvoir prédire les éventuels problèmes dus à des SCF et ainsi prévoir les mesures nécessaires pour les limiter, un filateur a besoin de connaître l'amplitude de la contamination de sa matière première. D'autre part, pour parvenir à réaliser une sélection de variétés peu chargées, il est nécessaire de disposer d'outils de détection et de quantification des SCF.

Les SCF, de même que d'autres impuretés du coton, sont détectés au cours des différentes étapes du processus textile, de la fibre brute jusqu'au fil et même au tissu. Les différentes méthodes utilisées pour cette détection font appel à deux approches différentes.

La première consiste à prédire indirectement la quantité de SCF dans le coton par la mesure de certaines caractéristiques du coton-graine ou de la graine ayant une relation significative avec la teneur en SCF formés au cours de l'égrenage (*cf.* § II.2.2.4). Evenson (1955) par exemple, détermine la quantité de SCF en calculant la proportion de graines présentant un arrachement à la chalaze après égrenage. Abrams *et al.* (1993), ainsi que Bowman (1996), déterminent le potentiel de formation de SCF par la mesure de la résistance de la coque de la graine.

Bien que cette première approche soit avantageuse pour déterminer un potentiel de formation des SCF dès les premiers stades de la production (coton-graine ou graine), elle reste peu prédictive de la quantité de SCF présents effectivement dans le fil et dans le produit fini. En effet, comme nous l'avons mentionné au paragraphe II.2.2.3, les SCF subissent, au cours du processus de transformation, des variations quantitatives (masse et nombre) ainsi que qualitatives (distribution des tailles). Les mesures indirectes effectuées sur graines peuvent donc être biaisées par la différence de comportement que peuvent avoir les diverses variétés de coton et par les interactions pouvant exister entre les traitements mécaniques pendant la transformation et les différents facteurs de variabilité.

Quant à la seconde approche, elle consiste à détecter et dénombrer directement les SCF soit dans la fibre prélevée à différentes étapes du processus, soit dans le fil ou le tissu. Les méthodes fondées sur cette approche sont nombreuses ; les premières dans l'ordre d'apparition sont bien entendu les méthodes manuelles et visuelles, d'autres plus automatisées ont suivi avec les progrès techniques. Nous passons les principales en revue dans la suite de ce paragraphe en les classant en cinq catégories selon leur principe.

#### II.2.3.1 Méthodes visuelles

De par leur couleur foncée, les SCF ainsi que d'autres débris végétaux, peuvent être facilement détectés visuellement dans la masse de fibres de coton. Cette approche visuelle est à la base de plusieurs méthodes de comptages apparues depuis de nombreuses années. L'une des principales est la méthode de l'American Society for Testing and

Materials (ASTM, 1963; 1980), qui constitue à ce jour la seule norme reconnue pour la quantification spécifique des SCF. Elle propose deux possibilités pour la détermination de la quantité de SCF présents dans un échantillon de fibres. La première consiste à effectuer un comptage sous loupe éclairante sur l'échantillon ouvert manuellement pour constituer une couche fine. La seconde nécessite le prélèvement des SCF à l'aide de pinces puis leur quantification par pesée.

Une seconde norme proposée par la « British Standard Institution » (BSI, 1974), préconise le prélèvement d'un voile de cardé et l'utilisation d'un gabarit perforé de « cellules » de tailles égales. Le gabarit est disposé sur le voile et le nombre de cellules contenant des neps est déterminé. Rappelons ici que cette norme ne fait pas la distinction entre les SCF et les neps présents dans la fibre de coton (cf. § II.1.1.2.2).

D'autres méthodes visuelles, spécifiques ou non aux SCF, ont également été proposées par divers auteurs. Elles diffèrent généralement par le procédé ou l'outil utilisé pour la préparation des échantillons. Nous pouvons citer notamment le « *Nepotometer* » qui simule le cardage d'un petit échantillon de fibre ; le voile obtenu est ensuite comparé à des standards photographiques pour l'attribution d'un grade de nepposité, ou utilisé pour un comptage visuel des neps et/ou des SCF (Markezich *et al.*, 1958). Le « *Nep-tester* » fait partie de la même catégorie d'outils ; il permet d'étaler, par un système d'étirage, un échantillon de rubans de fibre et facilite ainsi le dénombrement des imperfections.

Les méthodes visuelles sont hautement prédictives des problèmes induits par les SCF et font généralement office de méthodes de référence pour la mise au point de nouveaux procédés. En revanche, elles sont longues à mettre en œuvre et difficilement utilisables dans un contexte industriel ou dans le cadre d'un programme d'amélioration variétale.

#### II.2.3.2 Méthodes par extraction des déchets

Les méthodes classées dans cette deuxième catégorie sont fondées sur l'extraction de la matière étrangère contenue dans la fibre par la combinaison d'une action mécanique et pneumatique. La quantité de déchets extraits est ensuite déterminée par pesée ou par comptage.

La majorité de ces méthodes déterminent un contenu global de matières étrangères<sup>1</sup> exprimé en pourcentage de la masse de l'échantillon de fibre. C'est le cas, par exemple, pour la norme ASTM D2812-95 (ASTM, 1995b), qui préconise l'utilisation du *Shirley Analyzer* pour l'extraction des déchets. C'est également le cas du MDTA-3 de Zellweger Uster® (Williams et Schleth, 1993; Gresser, 1994), qui effectue l'extraction par un principe de briseur OE.

Afin de pouvoir quantifier les SCF à l'aide de ces méthodes, certains auteurs proposent des moyens de séparer ces impuretés de la totalité des déchets extraits par le *Shirley Analyzer*. Ainsi, Gupta (1985; 1986) décrit une méthode consistant à séparer les SCF du reste des déchets par tamisage. Cooper *et al.* (1994) quant à eux, proposent d'effectuer un

---

<sup>1</sup> Non-Lint content, Visible Waste ou Visible Foreign Matter (VFM).



second passage au *Shirley Analyzer* des déchets récoltés à l'issue du premier passage afin de réduire la quantité de fibres dans la matière extraite. Les SCF sont ensuite repérés et dénombrés sous loupe.

Cette catégorie de méthodes, fondées sur l'extraction des déchets par des moyens aéro-mécaniques relativement agressifs, tend à accroître le nombre et à réduire la taille des SCF. Sachant que les machines employées en filature pour le nettoyage de la fibre utilisent les mêmes principes, ce phénomène de fragmentation des SCF ne représente pas d'inconvénient réel en ce qui concerne leur quantification. Le vrai désavantage de ces méthodes est relatif au fait qu'en utilisant les principes de nettoyage des machines industrielles pour l'extraction des déchets (notamment l'ouvreuse OE), elles ne permettent de quantifier que les déchets susceptibles d'être éliminés. Les impuretés les plus difficiles à extraire restent dans la fibre. Or, ce sont ces dernières qu'il serait le plus intéressant de quantifier, dans la mesure où elles poseront le plus de problèmes au filateur, en restant dans la matière jusqu'au filage et en provoquant des défauts dans le fil.

#### II.2.3.3 Méthodes chimiques

Perkins (1971) a mis au point une méthode chimique pour l'estimation de la quantité de débris de coque dans la fibre. Elle est fondée sur une extraction au solvant de l'huile des fragments de graine présents dans la fibre brute suivie d'une analyse au spectrophotomètre infra-rouge. Cette méthode ne semble appropriée à l'évaluation de la quantité de SCF que si ces derniers portent des débris d'amande. Par conséquent, seuls les fragments provenant de graines brisées pourraient être quantifiés.

#### II.2.3.4 Méthodes optoélectroniques

Les progrès techniques, notamment l'évolution de l'informatique, ont conduit à la mise au point de nouveaux outils automatiques pour la détection et la quantification des impuretés que renferme le coton, qu'il soit sous forme de fibres en bourre ou de structure linéaire.

##### II.2.3.4.1 Mesure dans la fibre : Zellweger AFIS®

L'AFIS® (*Advanced Fiber Information System*)<sup>1</sup> fait partie de cette nouvelle génération d'outils d'analyse de la qualité du coton. Cet appareil est conçu sous forme de modules indépendants pouvant être incorporés dans la machine suivant les besoins de l'utilisateur, ou avec l'apparition de nouveaux développements, d'où l'utilisation du terme « AFIS Multidata » (Yankey et Jones, 1993; Calhoun *et al.*, 1997; Hequet, 1999).

Le premier module est apparu à la fin des années 80 ; il s'agit de l'AFIS-N qui détecte, dénombre et mesure la taille des neps dans la fibre de coton, sans distinction entre les

---

<sup>1</sup> Développé dans les années 80 par Schaffner Technologies et repris par Zellweger Uster® en 1990. Son utilisation s'est répandue assez rapidement dans l'industrie du coton. En 1997, 360 machines étaient déjà en service dans 40 pays (Hunter, 1997).

nœuds de fibres et les fragments de coque (Sasser *et al.*, 1987; Sasser et Hinkle, 1988; Barella *et al.*, 1992; Schleth, 1994). Il a été complété, peu de temps après, par le module AFIS-T<sup>1</sup> pour la mesure des débris végétaux divers (Townes *et al.*, 1992; Schleth, 1998; Frydrych et Matusiak, 2000), puis par le module AFIS-L&D pour la mesure de la longueur (avec la quantité de fibres courtes) et du diamètre sur fibres individuelles (Ghorashi *et al.*, 1994). L'unité F&M, mesurant la finesse et la maturité, a été la dernière à faire son apparition.

Le module AFIS-N a été amélioré en 1995 ; il a été rebaptisé AFIS-SC (SC pour *Seed-Coat*) ou AFIS-NC (NC pour *Neps Classification*). Désormais, il permet la distinction entre les neps fibres et les neps coques ou SCN (*Seed Coat Neps*). Ce dernier terme désigne les fragments de coque ayant des fibres attachées (Baldwin *et al.*, 1995). Nous y reviendrons avec plus de précision par la suite (*cf.* § III.2.3 et V.5).

L'analyse des neps par AFIS a fait l'objet d'une norme ASTM qui décrit le principe et les conditions de la mesure (ASTM, 1995a). Le test se fait sur des spécimens de fibre d'une masse comprise entre 0,4 et 0,6 g. La fibre est alimentée sous la forme d'un ruban, d'une longueur d'environ 30 à 35 cm, constitué manuellement dans le cas d'analyse d'échantillons de matière en bourre (Van Langenhove, 1996). Le spécimen est ouvert par un briseur (*Figure II-5*) qui sépare la matière en deux groupes ; le premier est constitué des fibres et des neps (y compris les neps coques) ; le second est constitué des particules de déchets ne contenant pas de fibres (Frey *et al.*, 1991). Les fibres et les neps sont acheminés par un flux pneumatique devant une source lumineuse. La lumière dispersée est mesurée par un capteur optique. Les autres impuretés, comprenant des débris de coque sans fibres, suivent un circuit différent pour arriver à un second capteur. Les capteurs génèrent un signal électrique de forme différente selon qu'il s'agisse d'une fibre, d'un neps fibres ou d'un neps coque. L'identification se fait par la comparaison du signal généré à des signaux de référence digitalisés.

Les données recueillies sont traitées et analysées pour permettre le comptage et la classification de chaque type de défaut par classes de tailles. La durée d'un test est d'environ 3 minutes par spécimen.

Comme nous l'avons indiqué, les fragments de coque détectés par cette méthode sont ceux qui ont des fibres attachées et sont nommés *Seed Coat Neps* (SCN). Les gros SCF sans fibre ou ne portant que des duvets sont placés dans la classe des *Trash*. Toutes les impuretés d'une taille inférieure à 500 µm sont considérés comme poussières ou « *microdust* » (Baldwin *et al.*, 1995; Jones et Baldwin, 1995; 1996). Cette classification au sein de l'ensemble des débris de coque est motivée par le fait que les SCF sans fibres attachées sont, selon ces auteurs, plus facilement éliminés au cours du processus de filature. Le principal intérêt se porte donc sur les SCN plus difficiles à éliminer à cause des fibres attachées et donc plus préjudiciables au processus de filature et à la qualité du fil.

---

<sup>1</sup> T pour « *Trash* », terme désignant les particules végétales diverses que renferme le coton (débris de tiges, de feuilles... ; *cf.* § II.1.1.2.5).



La limite inférieure de la taille<sup>1</sup> a été fixée par le constructeur à 500  $\mu\text{m}$ , en vue d'obtenir des niveaux de comptage identiques à ceux des neps coques +200%, sur du fil RS 20 tex (sur la base de la même masse de matière). Baldwin *et al.* (1995) montrent que cette limite permet d'obtenir une relation très hautement significative entre les comptages AFIS des SCN contenus dans le ruban de carde et ceux retrouvés dans le fil par l'analyse régularimétrique sur UT3 (*cf.* § II.2.3.4.2). En outre, ils préconisent des tailles minimales de détection de 600 et de 700  $\mu\text{m}$  respectivement pour des filés de 27 et de 37 tex. L'auteur souligne que plus le fil est gros, moins les petits SCN provoqueront de défauts d'épaisseur détectables sur le fil. Pour ce qui est du comptage des fragments de coque, l'AFIS a donc été étalonné sur la base de la relation avec le comptage sur le fil.

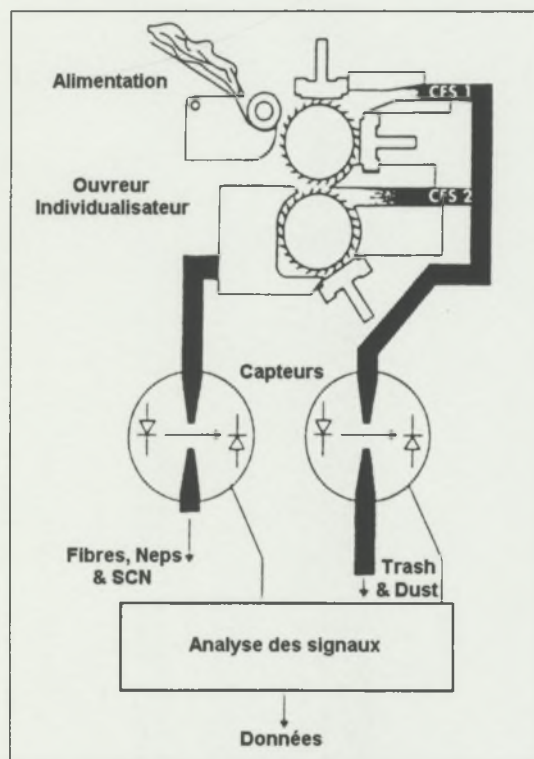


Figure II-5 : Représentation schématique du principe de fonctionnement de l'AFIS® (d'après Jones et Baldwin, 1995).

Disposant de cet appareil, nous l'avons utilisé au cours de nos expérimentations. Les conséquences de cet étalonnage vont donc être traitées au cours du présent travail. Cependant, il convient dès à présent de distinguer le terme générique SCF (*Seed Coat Fragments*), désignant tout débris provenant de la coque de la graine de coton (ASTM, 1980), de celui de SCN (*Seed Coat Neps*) qui représente le sous-ensemble de SCF détectés par AFIS, ayant des fibres attachées et une taille supérieure à 500  $\mu\text{m}$  (Baldwin *et al.*, 1995; Jones et Baldwin, 1995; 1996). Cette distinction est nécessaire puisque, en fonction de la méthode de détection utilisée, les SCF dénombrés ne représentent pas le même ensemble d'impuretés.

<sup>1</sup> La taille mesurée correspond au diamètre approximatif de la coque ou de la partie centrale du neps (Sasser, 1988).

Des méthodes utilisant le même principe que l'AFIS ont récemment fait leur apparition. Nous pouvons citer le « *Premier RapidTester* », qui procure l'avantage de pouvoir analyser une grande masse de fibre par test (10 g), mais qui reste encore au stade du développement (Ethridge, 1999). Lenzing Instruments propose également un instrument de mesure de la longueur, des fibres courtes et des neps mais sans distinction pour ces derniers entre les amas de fibres et les SCF (Lenzing, 2000).

#### II.2.3.4.2 Mesure sur le fil : Régularimètres Uster® Tester

Comme nous l'avons précédemment mentionné (cf. § 1.3.3.2 et II.1.2), les imperfections du fil sont très couramment détectées et dénombrées au cours des tests régularimétriques effectués sur des régularimètres de type capacitif et plus rarement optique. Le plus connu est l'Uster® Tester de Zellweger qui en est à ce jour à sa quatrième génération (GGP-IPI, UT2, UT3 et UT4). À l'origine, ces régularimètres, et notamment le plus répandu d'entre eux (UT3), effectuent un comptage global des neps du fil avec les seuils de sensibilité préconisés par le constructeur (+200% pour le fil RS et +280% pour le fil OE ; cf. § II.1.2). En 1988, Frydrych (Cirad-ca, LTC)<sup>1</sup> mit au point une méthodologie pour la classification, selon leurs origines, des neps détectés par le régularimètre GGP-IPI complété du dispositif « *Imperfector Selector* » permettant l'arrêt sur défaut (Frydrych et Gutknecht, 1989). Cette méthodologie, appelée analyse détaillée, a donné naissance à la classification de la nepposité<sup>2</sup> du fil décrite au paragraphe II.1.2, et a ensuite été incorporée au Cirad dans les protocoles d'analyses qu'offre l'UT3.

Gourlot *et al.* (1995a) fournissent une description de l'analyse détaillée de la nepposité du fil telle qu'elle est réalisée sur UT3. L'appareil a été complété par une loupe (5x) et un fort éclairage (Figure II-6). L'arrêt sur le défaut permet à l'opérateur d'en identifier l'origine et de le classer ainsi dans l'une des quatre classes décrites au paragraphe II.1.2 : neps fibre, neps coque, neps collant ou divers. Les proportions obtenues pour chaque classe vont ensuite servir à déduire le nombre de chaque type de neps par 1000 m de fil à partir du comptage global effectué au préalable (neps totaux). Cette méthode de caractérisation est, comme nous l'avons mentionné, limitée aux défauts du type neps avec les seuils de sensibilité en vigueur. L'UT3 a été utilisé en analyse globale et détaillée du fil au cours du présent travail. Une discussion de ses résultats va donc être fournie par la suite.

La dernière génération des régularimètres de Zellweger Uster® (UT4<sup>3</sup>) a été dotée d'un détecteur optique supplémentaire qui, selon le constructeur, effectue un comptage des points noirs du fil et notamment des SCF, sans restriction quant aux seuils de sensibilité. À ce jour, aucun résultat démontrant l'efficacité de cet appareil vis à vis des SCF n'a été publié.

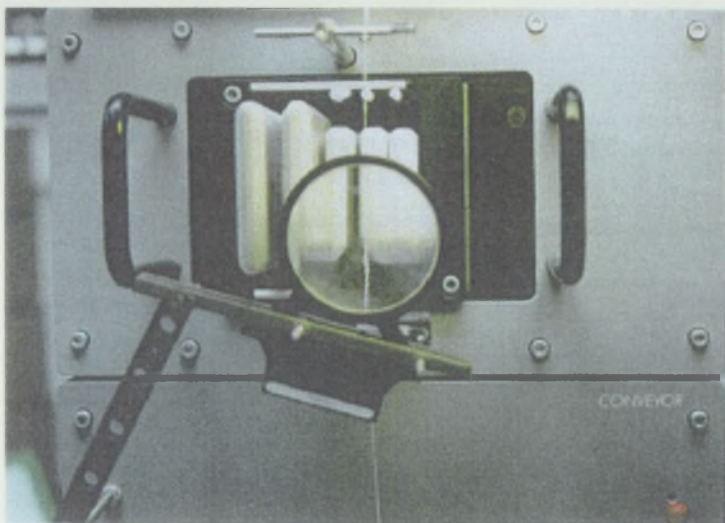
---

<sup>1</sup> Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement ; Laboratoire de Technologie Cotonnière, Montpellier.

<sup>2</sup> Terme utilisé pour désigner les neps du fil toutes origines confondues (comptage global des neps ou neps totaux).

<sup>3</sup> Apparu en 1999, à l'occasion de l'ITMA de Paris (*International Exhibition of Textile Machinery*). Il offre, en outre, la possibilité de prédire la qualité de l'étoffe à partir des critères mesurés sur le fil (Bucher et Izquierdo, 1999).





**Figure II-6 : Identification du type de neps en analyse détaillée sur UT3 (cliché R. Frydrych).**

#### II.2.3.5 Méthodes par analyse d'image

L'analyse d'image, ou traitement d'image numérique (*Digital Image Processing*), est un outil informatique qui a connu, ces dernières années, un essor considérable dans des domaines très diversifiés. Son utilisation dans le textile est en rapport direct avec les imperfections de la matière de la fibre jusqu'au tissu.

Dans l'industrie cotonnière, l'analyse d'image a offert une alternative qui n'a cessé de faire ses preuves pour remplacer le classement visuel de la fibre (cf. § 1.3.2) : le Color Trashmeter utilisé sur les chaînes HVI depuis la fin des années 80 (Taylor, 1987; 1988 ; Taylor et Godbey, 1989 ; Taylor, 1996; Knowlton, 1999). D'autres applications et évolutions sont apparues par la suite pour la mesure de la couleur (Xu *et al.*, 1997; 1998; 1999; Lieberman *et al.*, 1999), ainsi que pour l'identification, la quantification et la mesure de la taille des impuretés du coton à différents stades du processus de transformation (Taylor, 1990; Lieberman et Zhao, 1991; Hormes et Wulfhorst, 1995; Iype et Wan, 1998; Lieberman, 1998). L'analyse d'image est même utilisée pour la caractérisation du fil (Zhang *et al.*, 1998) et du tissu (Zhang et Breesee, 1995; Han *et al.*, 1998).

La détection des SCF fait partie de ces applications. En effet, l'analyse d'image est capable de remplacer l'œil humain pour l'identification de ces impuretés grâce à leur contraste de couleur avec la fibre. En outre, elle assure une objectivité de comptage jusqu'ici pour le moins incertaine dans le cas de comptages visuels. Verschraege et Fransen (1988) décrivent différentes méthodes de détection des neps et des SCF par analyse d'image. Pour notre part, nous allons en présenter les principales de façon brève, pour nous attacher par la suite à celles que nous avons adaptées et utilisées tout au long de ce travail (cf. § II.2.3.5.3).

### II.2.3.5.1 Le « Fiber Contamination Tester » (FCT)

Tel qu'il est décrit par son constructeur, Lintronics Ltd (Mör, 1996; 1997; 1998), le FCT est un outil polyvalent pour la détection et la quantification de plusieurs types de contaminants du coton et, suite à ses dernières évolutions, pour la mesure de certaines caractéristiques technologiques de la fibre (*Fiber Quality Tester* ou FQT). La mesure du potentiel de collage a constitué la première vocation du FCT (Knowlton, 1998; Mör, 1998). Toutefois, les améliorations successives qui ont été apportées lui permettent de mesurer les neps, les SCF et les débris végétaux divers.

Mör (1996), ainsi que Kuratle (1996), fournissent une description du principe de fonctionnement du FCT. L'échantillon de fibre est cardé par l'ouvreur-nettoyeur de la machine pour produire un voile fin. Le voile passe entre deux rouleaux écraseurs sur lesquels se déposent les points collants mesurés ensuite par un système électro-optique. Pendant le transfert du voile vers l'évacuation, une acquisition d'image est effectuée. L'analyse d'image distingue ensuite les différentes impuretés citées ci-dessus.

### II.2.3.5.2 Le « Nep Control » de Trützschler GMBH & CO (NCT)

Trützschler a annoncé récemment le développement d'un dispositif pouvant être incorporé dans la carde et permettant la détection en ligne des impuretés (Schlichter et Lösbrock, 1996; Van der Sluijs et Hunter, 1999). D'après Schlichter et Lösbrock (1996), ce système, fondé sur le traitement d'image, permet non seulement la détection et la quantification des impuretés, mais en plus le réglage de la carde de façon à optimiser son action de nettoyage en fonction du type et du degré de contamination de la matière.

### II.2.3.5.3 Trashcam – CATI<sup>1</sup>

Frydrych (1992b) a proposé d'effectuer un comptage visuel des SCF sur la photocopie d'un voile de carde. Il a montré par la même occasion, que les comptages réalisés de cette manière avaient une corrélation hautement significative avec les nombres de neps totaux et de neps coques obtenus respectivement par analyse globale et détaillée du fil sur régularimètre Uster®. Ces premiers résultats ont amenés à la mise au point, au Laboratoire de Technologie Cotonnière du Cirad-ca, d'un nouvel outil d'analyse d'image désigné « Trashcam<sup>2</sup> », permettant le comptage automatique des SCF dans le voile de carde. Dans ce nouveau procédé, la photocopie a été remplacée par l'acquisition d'image numérique à l'aide d'une caméra, pour les premières versions, puis d'un scanner pour les suivantes. Pour le dénombrement des SCF, un algorithme spécifique a été développé et amélioré à plusieurs reprises pour pouvoir remplacer le comptage visuel (Constantin, 1993; Thollard, 1994; Hugon, 1996).

---

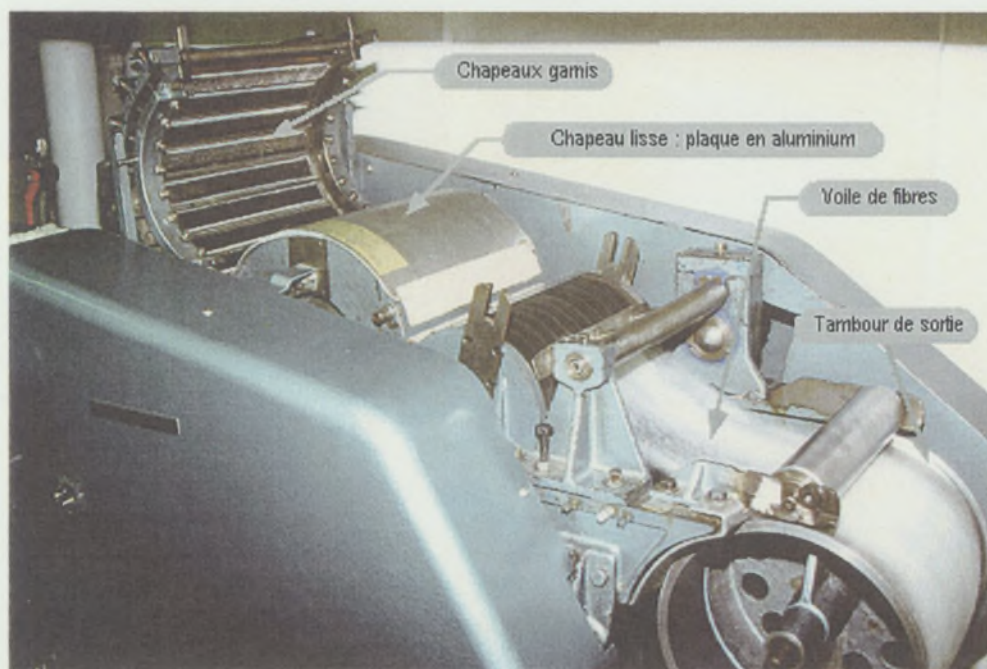
<sup>1</sup> Counting Apparatus for Trash and Impurities

<sup>2</sup> « Trash » pour déchets et « cam » pour caméra.



La méthodologie complète (échantillonnage, préparation de la fibre, acquisition et analyse d'image) a été décrite par Gurlot *et al.* (1995a; 1998a), Giner *et al.* (1997). Elle permet le comptage et la mesure de la taille des SCF à partir d'un échantillon de 12 g de fibres et peut être utilisée dès les premiers stades des programmes d'amélioration variétale (Bachelier, 1997).

La fibre est ouverte et mélangée manuellement pour garantir la représentativité et l'homogénéité des échantillons testés. Elle passe ensuite par une ouvreuse de laboratoire qui simule les étapes de préparation au cardage. Pour simuler ces étapes d'ouvraison et de nettoyage, les chapeaux de cardé sont remplacés par une plaque en aluminium (sans garniture, *Figure II-7*). La fibre est ainsi démêlée et nettoyée, par le briseur uniquement, avant de procéder au cardage proprement dit (Frydrych et Dréan, 2000). Après le passage à la mini-cardé, quatre épaisseurs de voile sont superposées sur le tambour de sortie (*Figure II-7*) pour constituer une nappe d'environ 20 g/m<sup>2</sup>. Cette nappe est récupérée pour permettre l'acquisition d'image par un scanner permettant l'ajustement du contraste et de la luminosité.



**Figure II-7 : Mini-cardé ; ouvraison et cardage des échantillons de fibre (cliché R. Frydrych).**

Pour les différentes versions de Trashcam, les images sont acquises en 256 niveaux de gris (niveau 0 pour le noir et 255 pour le blanc). Le contraste entre le fond, constitué par les fibres, et les SCF permet la détection de ces derniers par l'algorithme d'analyse d'image. Tous les points noirs détectés par Trashcam sont considérés comme étant des SCF, l'hypothèse de base étant qu'après ouvraison, nettoyage et cardage, seuls les SCF demeurent dans la matière étant donné que les débris végétaux divers sont plus facilement éliminés (*cf.* § II.1.1.2.5).

Différentes approches ont été testées pour permettre une détection optimale des SCF par l'algorithme (Giner *et al.*, 1997). L'analyse se fait par l'évaluation de la couleur (le niveau

de gris en l'occurrence) de chaque pixel<sup>1</sup> en parcourant successivement chaque ligne de l'image (Figure II-8). L'application d'un seuil de gris global pour différencier les impuretés du fond, à rapidement montré ses limites à cause de la non-uniformité de ce dernier. La solution mise en œuvre pour résoudre ce problème était de considérer chaque pixel en interaction avec son environnement (les pixels avoisinants). Les caractéristiques du fond, de même que le seuillage appliqué pour attacher le pixel à une impureté ou le garder dans le fond, sont ainsi recalculées à chaque variation importante du niveau de gris de ce dernier. Les objets constitués par l'agrégation de pixels attachés aux impuretés sont ensuite dénombrés comme étant des SCF (Figure II-9).

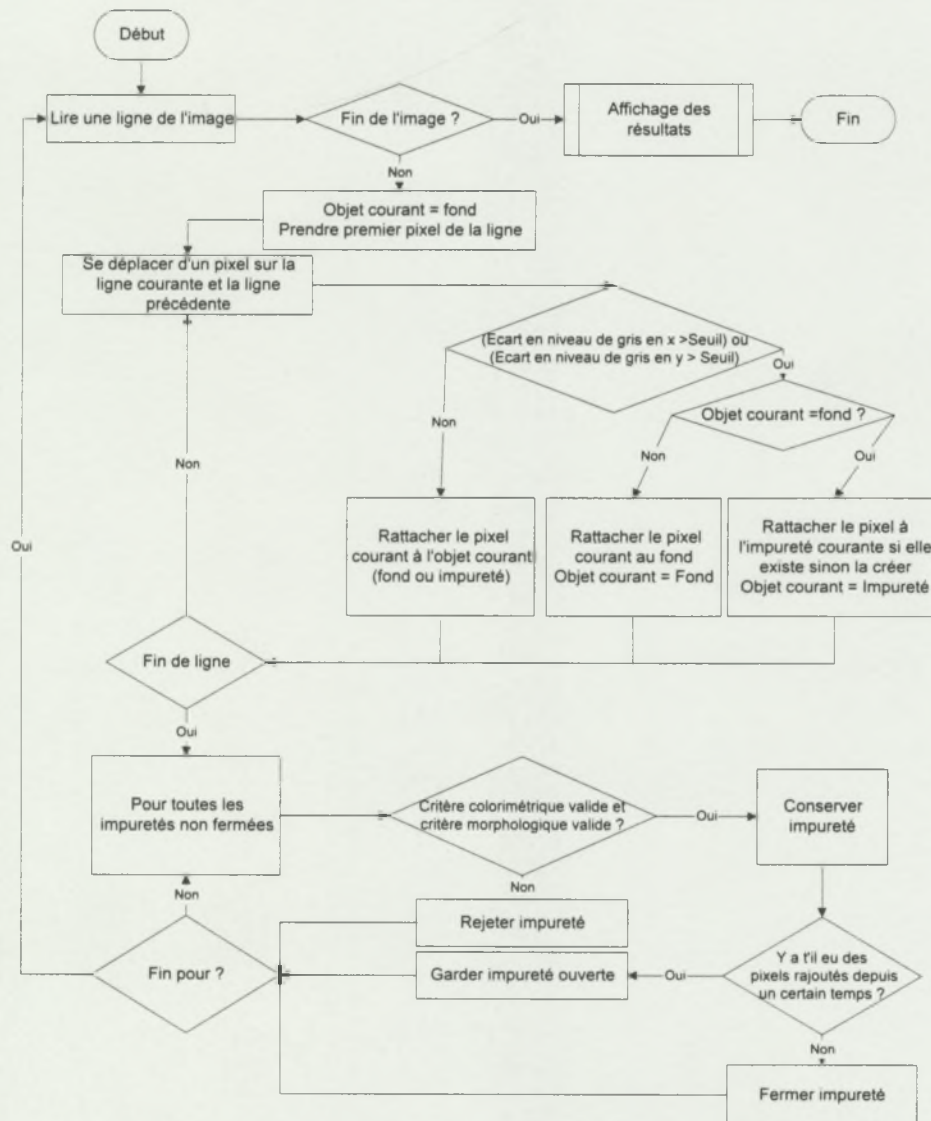


Figure II-8 : Principe de reconnaissance des impuretés sur Trashcam.

En plus du comptage des SCF, l'analyse Trashcam fournit, pour chaque impureté détectée, diverses caractéristiques morphologiques : la taille (hauteur, largeur et surface), les paramètres de forme (rapport dimensionnel et rapport surfacique) et la couleur (niveau de

<sup>1</sup> Point élémentaire d'une image numérique.



gris). Le rapport dimensionnel est le rapport entre la largeur et la hauteur de l'impureté (Figure II-10) ; le rapport surfacique représente le rapport entre la surface du SCF et celle de son rectangle englobant (Figure II-10). Ces paramètres sont déterminés en vue de l'application de filtrages pour la classification des impuretés détectées selon la forme, dans le cas où il resterait d'autres types d'impuretés que les SCF après cardage. En effet, un rapport dimensionnel peu élevé traduit une forme allongée plus vraisemblable dans le cas d'un fragment de tige que dans celui d'un SCF. Nous reviendrons plus amplement sur cet aspect dans le Chapitre IV (cf. § IV.1).

Après l'analyse d'image, les résultats Trashcam sont stockés dans trois fichiers distincts :

- un fichier « global » contenant les conditions d'analyse et les comptages obtenus pour chaque image,
- un fichier « histogramme » comportant la distribution de taille des impuretés détectée pour chaque image, et
- un fichier « détail » fournissant, pour chaque impureté détectée, les paramètres de tailles, de forme et de couleur.

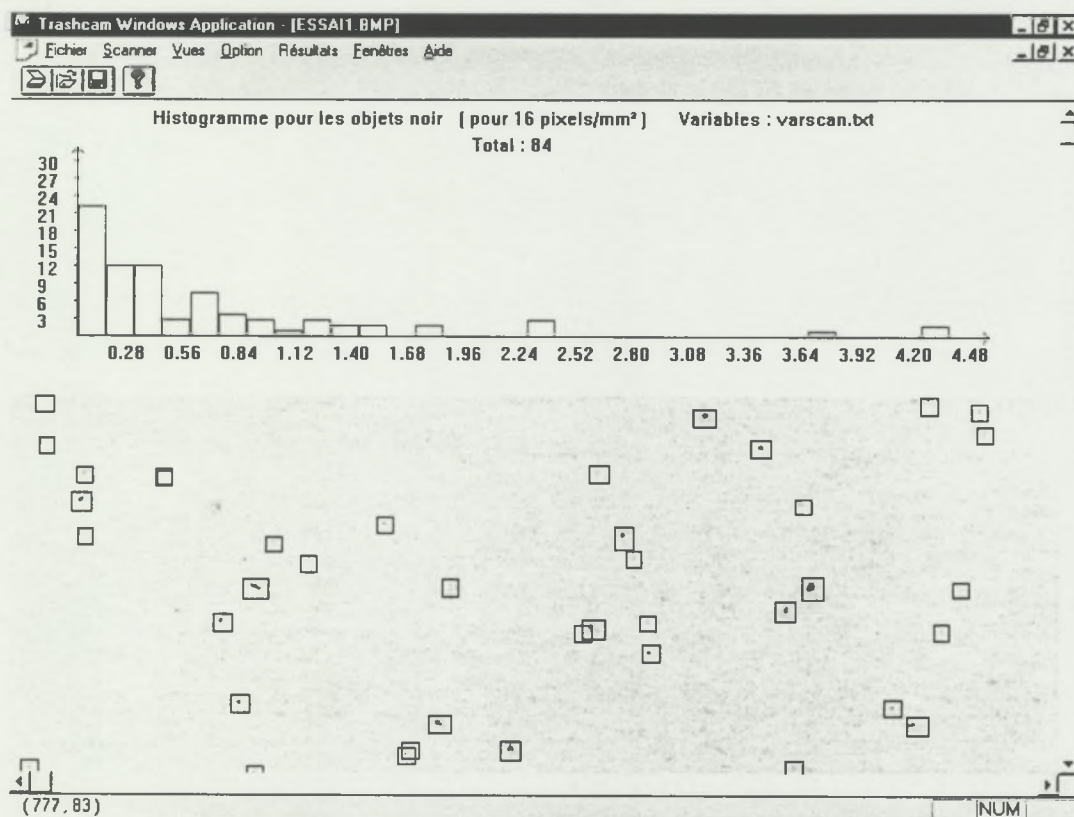


Figure II-9 : Ecran de résultats Trashcam.

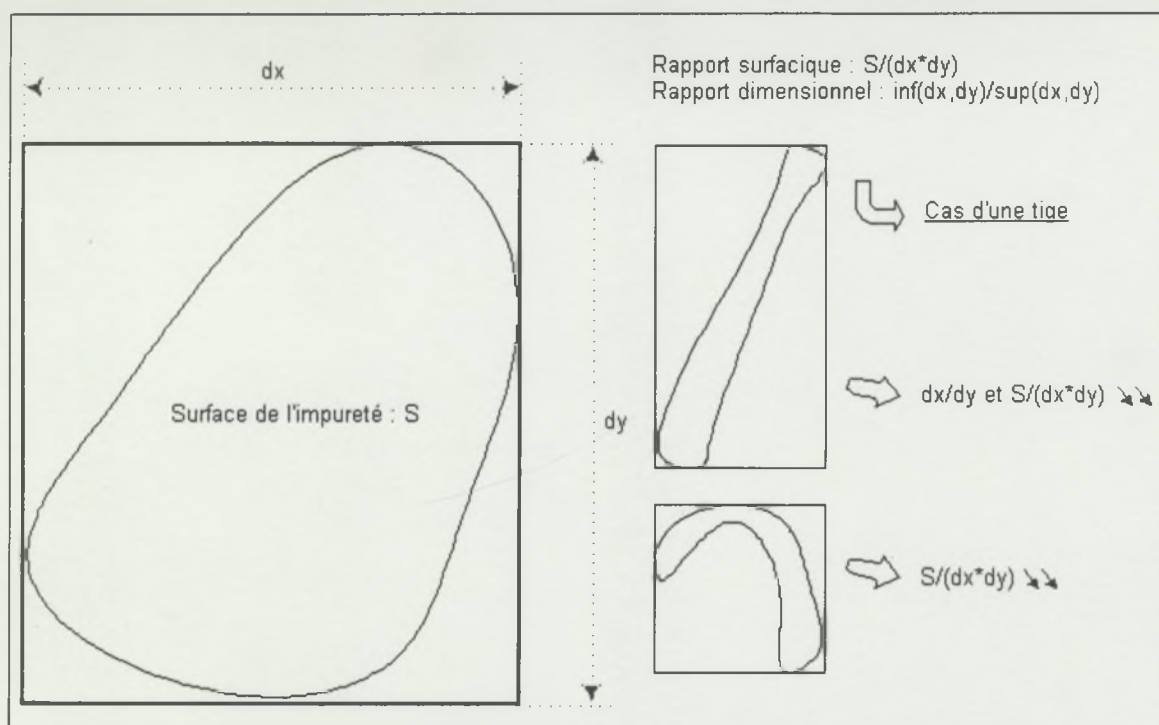


Figure II-10 : Paramètres morphologiques mesurés par Trashcam.

Les évolutions successives de Trashcam ont donné naissance à un nouveau développement, fondé sur les mêmes principes de base, mais pouvant traiter des images en millions de couleurs (Giner, 1998; Vega, 1999). Cette nouvelle version, désignée CATI (*Counting Apparatus for Trash and Impurities*), est développée afin de pouvoir différencier divers types d'impuretés. La capacité de faire cette différenciation, en ne nécessitant pas un nettoyage aussi efficace que celui de la carte au niveau des impuretés diverses, permettra de remplacer la préparation à la mini-carte par un ouvrier moins encombrant.

Trashcam a fait l'objet de plusieurs études qui ont mis en évidence d'une part sa capacité à discriminer les variétés de coton selon leurs contenus en SCF (Hequet *et al.*, 1999), et d'autre part son aptitude de prévision de la nepposité du fil (Gourlot *et al.*, 1998b; Krifa *et al.*, 1998b; 1998c; Frydrych *et al.*, 1999). Ces capacités ont permis son exploitation en sélection variétale pour une faible teneur en SCF (Bachelier, 1997; 1998; Krifa *et al.*, 1998a; Bachelier et Lassus, 2000). Nous reviendrons par la suite sur son utilisation comme outil de caractérisation de la qualité de la fibre et du fil tout au long du présent travail (*cf.* § III.2.3.1, IV.1, IV.3...).

## II.2.4 Incidence des SCF sur le processus de transformation et sur la qualité du produit

Bien que tous les contaminants cités dans ce chapitre aient un effet indésirable sur le déroulement du processus de filature et sur la qualité du fil, certains semblent plus préoccupants que d'autres. Les SCF font partie de ces derniers au même titre que les neps et le collage.



Les SCF ont la particularité de porter, dans la majorité des cas, des fibres ou des duvets leur permettant de s'accrocher à la matière et de résister aux différentes opérations de nettoyage. Dès lors, ces impuretés se retrouvent en quantités variées, selon les cotons, dans le ruban de carde, d'étirage, puis dans le fil et dans l'étoffe (Bargerion et Garner, 1988b; Artzt *et al.*, 1995; Baldwin *et al.*, 1995).

Dans le présent paragraphe, nous allons tenter de retracer le parcours des SCF, tel qu'il est décrit dans la littérature, depuis l'entrée de la matière en grosse préparation jusqu'à sa transformation en fil puis en tissu. Certaines étapes du processus ont été examinées expérimentalement au cours de notre travail et vont être abordées plus en détail par la suite (*cf. Chapitre V*).

#### II.2.4.1 Ouvraison-nettoyage : préparation au cardage

Comme nous l'avons indiqué précédemment (*cf. § II.2.2.3*), on constate après passage au « lint-cleaner » un glissement de la distribution des tailles des SCF vers les petites valeurs à cause de la fragmentation des débris présents dans le coton. Il y a donc généralement, à l'issue de cette étape, une relative diminution de la masse totale des SCF mais une augmentation ou dans le meilleur des cas une stabilisation du nombre de ces débris avec une diminution de leur taille moyenne. De plus, l'intensification de ces traitements en vue d'éliminer un maximum de SCF et d'améliorer le grade provoque une diminution de la longueur des fibres et une augmentation du taux de fibres courtes. Ceci se traduit par une dégradation de la régularité et de la résistance du fil ainsi que par une augmentation du nombre de casses en filature (Newton *et al.*, 1966).

Le déroulement des traitements mécaniques antérieurs à la préparation au cardage, et l'effet qu'ils ont sur la quantité et la distribution de taille des SCF, ont une influence importante sur l'efficacité du nettoyage en filature (Anthony *et al.*, 1987; Bragg *et al.*, 1987; Baker *et al.*, 1994, ). Les petits débris de coque posent un problème majeur dans les opérations suivantes de préparation à la filature. En effet, les chaînes conventionnelles d'ouvraison – nettoyage ont été conçues pour garantir une élimination efficace des débris végétaux divers (feuilles, tiges...). Le concept de nettoyage utilisé en grosse préparation du coton est fondé sur la différence de masse spécifique entre ces contaminants et les fibres, donc sur la différence de comportement de ces derniers au cours du battage et dans des flux pneumatiques. Les débris de coque, quant à eux, du fait de leur petite masse et de la présence de fibres attachées, restent solidaires des flocons de fibres et ont donc un comportement peu différent de celui des fibres au cours du battage et dans des flux pneumatiques (Gupta *et al.*, 1985). De ce fait, les débris de coque restent fortement accrochés à la matière et sont beaucoup plus difficiles à éliminer de la masse de coton que le reste des contaminants. Selon Frey et Schneider (1989), augmenter la quantité totale de déchets rejetés lors de la grosse préparation ne conduit pas à une élimination significative des SCF, mais à l'augmentation de la quantité de bonnes fibres rejetées avec les déchets. Ceci représente une perte de matière se traduisant par la diminution de la quantité de fil pouvant être produit à partir d'une balle de coton. D'autre part, la multiplication des points de nettoyage dans le but d'extraire plus de SCF conduit à une fatigue excessive des fibres et à une dégradation de la qualité du fil produit.

Selon Artzt *et al.* (1995), la présence de SCF dans la matière réduit son aptitude au nettoyage et augmente par la même occasion la mise en œuvre nécessaire, en préparation à la filature, pour arriver à un degré d'épuration donné.

Au cours d'une série d'essais réalisés sur des équipements industriels et fondés sur des comptages AFIS<sup>®</sup>, Jones et Baldwin (1995; 1996) ont constaté qu'aucune des étapes de préparation au cardage n'affectait significativement le nombre de SCN dans la fibre. Plus récemment, Matusiak *et al.* (2000) sont arrivés aux mêmes conclusions en utilisant la même méthode de détection des SCN.

#### II.2.4.2 Cardage

Selon divers auteurs (Gupta *et al.*, 1985; Frey et Schneider, 1988; 1989; Pilsbury, 1992), la carde est l'étape la plus importante du processus pendant laquelle une part significative des SCF est éliminée. Elle joue de ce fait un rôle important dans l'extraction de ces impuretés de la matière. Elle constitue notamment la dernière étape où cette extraction est possible, sauf s'il s'agit d'une filature peignée ou OE à rotor (*cf.* § II.2.4.3, III.2.4 et IV.3.2.2.3). Une bonne coordination entre une chaîne d'ouvraison-nettoyage optimisée et une carde correctement réglées (garnitures, vitesse, aspiration...) garantit selon Frey et Schneider (1988; 1989) une élimination efficace des SCF.

Gupta *et al.* (1985), de même que Pilsbury (1992) rapportent que c'est l'action conjuguée du tambour et des chapeaux de carde qui exerce l'essentiel de cette extraction. En outre, les auteurs soulignent l'efficacité de l'utilisation d'une carde à double cylindre (carde à tandem<sup>1</sup>) dans l'extraction des SCF à cause de la présence de deux ensembles tambour-chapeaux. Le briseur de la carde n'élimine, quant à lui, qu'une faible partie des gros SCF que renferme la matière au moment de l'alimentation de la carde.

Gupta *et al.* (1985) ont estimé entre 65 et 75 % la quantité de SCF éliminés au cours du cardage. Jones et Baldwin (1995; 1996) ont conduit une étude sur l'efficacité du cardage dans l'élimination des SCN détectés par AFIS. Ils ont trouvé que le cardage éliminait, selon les cotons, entre 44 et 86% de ces impuretés. De la même manière, Baldwin *et al.* (1995) rapportent que la carde élimine la majorité des SCN de moyenne et grande taille, ce qui conduit selon eux à un nettoyage significatif de la fibre malgré l'augmentation relative des SCN de petite taille. Ces résultats restent bien entendu spécifiques au cas particulier des SCN du fait de l'utilisation d'AFIS<sup>®</sup> comme méthode de détection (*cf.* § II.2.3.4.1 et V.5).

Dans des conditions extrêmes, les SCF peuvent avoir un effet perturbateur pendant le cardage. C'est le cas notamment lorsque les SCF comportent des particules d'amande (Perkins, 1984 *in* Barger et Garner, 1988b). En effet, selon l'auteur, les particules

---

<sup>1</sup> « Tandem card » : machine à double cardage autrefois utilisée pour la filature de numéros fins. Ce procédé avait été abandonné parce que les résultats obtenus n'étaient pas en rapport avec le coût des machines ; de plus, des effets négatifs sur la résistance du fil ont été constatés (Boel, 1956). Des études relativement récentes ont cependant été conduites pour tester l'efficacité de ce type de carde dans le nettoyage du coton, notamment dans l'élimination des particules de tiges (Bragg et Simpson, 1989; Texas-Tech-University, 1989a; 1989b; 1989d; 1989c).



d'amandes peuvent être écrasées ; il en résulte l'extraction de l'huile qu'elles renferment. Cette huile provoque des problèmes de collage, source d'enroulements et d'irrégularité du ruban de sortie.

La détermination de l'effet de la carde sur la contamination de la fibre par des SCF a fait partie des études expérimentales réalisées au cours du présent travail et fera l'objet d'une discussion plus détaillée (cf. § V.5).

#### II.2.4.3 Filage et qualité du fil

Au stade du filage, les SCF sont associés à une augmentation des casses du fil, entraînant des arrêts de broches et la diminution de la productivité (Pearson, 1944; 1955; Lord, 1967). En filature classique à anneaux et curseurs, les casses sont dues à des problèmes d'étirage et à la perturbation de la propagation de la torsion vers le triangle de filage. Ces deux phénomènes sont, selon (Frey et Schneider, 1988; 1989), fréquemment provoqués par des SCF. Mangialardi (1988) rapporte les résultats d'une étude réalisée au TRC (Textile Research Center, Texas Tech University, Lubbock, Texas, USA) pour déterminer les principaux phénomènes à l'origine des casses en filature. Il est apparu à l'issue de ces travaux, que les SCF représentent une source majeure de casses.

En filature à rotor, l'ouvreur exerce une opération de nettoyage qui est, selon Gupta *et al.* (1985), d'une efficacité supérieure à celle de la carde en ce qui concerne l'élimination des SCF. En effet, l'auteur souligne le fait que cet organe, et la manière dont il fonctionne, regroupent les conditions nécessaires pour réaliser une extraction efficace des SCF : une individualisation intense des fibres, permettant d'en démêler efficacement les SCF, associée à une vitesse de rotation et une aspiration suffisamment élevées pour amener ces impuretés à suivre une trajectoire différente de celle des fibres. En dépit de ce fait, des SCF peuvent être logés dans la rainure du rotor et provoquer des casses ainsi que des irrégularités périodiques du fil. Price (1987) a étudié la possibilité de produire du fil fin en filature à rotor à partir de différentes variétés américaines. Pour certaines variétés de coton, l'auteur a constaté que les SCF étaient liés à plus de 90% des casses du fil.

Outre la perturbation du processus de filage, les SCF sont reconnus comme étant une source importante de défauts du fil. Ils sont généralement associés à des défauts courts du type neps, pouvant être détectés par les régularimètres (cf. § II.2.3.4.2). Ainsi, Baldwin *et al.* (1995) mettent en évidence l'importance des SCF en déterminant une corrélation très hautement significative entre le nombre total de neps du fil (neps au régularimètre Uster, +200%) et le nombre de SCN détectés par AFIS® dans le voile de carde (cf. § II.2.3.4.1). Ils concluent que la majorité des neps du fil sont dus à la présence de SCN. Bargerion et Garner (1988b) estiment, quant à eux, à environ 30% la proportion de neps du fil dus à des SCF.

Toujours en considérant les neps (au seuil +200%) au cours d'une analyse détaillée du fil sur régularimètre, Frydrych et Gutknecht (1989) ont constaté que la proportion de ces défauts attribués aux SCF peut varier selon les cotons. Cette proportion, allant de 70 à 90% pour la gamme des 43 cotons testés, était toutefois significativement supérieure à celle de toutes les autres sources de neps du fil. Les mêmes auteurs ont également montré que la

contribution des SCF dans les neps du fil était principalement tributaire de la maturité et du potentiel de collage du coton (Frydrych, 1996; Gurlot *et al.*, 1998b; Frydrych *et al.*, 1999). En effet, lorsque les cotons sont immatures ou collants, l'augmentation des neps qui sont associés à ces deux caractères réduit la contribution relative des SCF dans la nepposité du fil.

Utilisant d'autres méthodes de détection et de comptage des SCF, Gupta et Vijayshankar (1985) démontrent que les SCF ne représentent pas seulement une source majeure des imperfections courtes du type neps (UT3, Uster CLASSIMAT® A<sup>1</sup>), mais qu'ils peuvent participer d'une manière significative à la création de défauts longs (points gros, Uster CLASSIMAT® B<sup>1</sup>).

D'autres paramètres de qualité du fil pourraient également être influencés par les SCF. Pearson (1944) a avancé l'hypothèse que la présence accrue de neps (fibres ou SCF) dans le coton ne serait pas uniquement préjudiciable à la régularité du fil, mais pourrait également avoir un effet négatif sur sa résistance. En effet, la présence d'un tel défaut étroitement logé dans la structure du fil serait de nature à perturber la torsion et donc à créer des points de faible résistance en diminuant la cohésion entre les fibres.

Sawich-Towler et Rogers (1997) ont comparé les propriétés dynamométriques de portions de fil issu d'une filature à rotor (OE) contenant ou non un neps (fibre ou SCF) en leur centre. Ils ont observé que la casse du fil se produisait fréquemment au voisinage des neps et ont donc conclu que la présence de tels défauts dans le fil contribuait à la création de points faibles. En revanche, ils n'ont pas remarqué une baisse significative de la charge spécifique à la rupture<sup>2</sup> due à cet effet.

En dépit de ces présomptions, peu de travaux ont été consacrés à l'étude de l'éventuel effet des SCF sur la résistance du fil. Nous avons examiné cet aspect au cours de nos expérimentations, nous en fournissons les résultats par la suite (cf. § VI.1.5).

#### II.2.4.4 Fabrication de l'étoffe et finissage

Un fil défectueux, contenant un nombre important de défauts, ne peut pas être amélioré par l'épuration au bobinoir. En effet, il serait déraisonnable d'éliminer tous les défauts du fil pour les remplacer par des rattaches étant donné que ces dernières représenteront à leur tour des imperfections. Cette épuration vise par conséquent les défauts les plus importants en terme de taille et ne touche vraisemblablement pas les SCF. Dès lors, les SCF, quelle que soit la forme d'imperfection qu'ils occasionnent, vont demeurer dans le fil jusqu'à sa transformation en étoffe par tissage ou tricotage et se retrouver dans le tissu.

---

<sup>1</sup> L'Uster CLASSIMAT® est un autre appareil de Zellweger, qui permet de détecter les imperfections du fil et de les classer selon l'épaisseur (variation de la masse) et la longueur du défaut. La classe A regroupe les grosseurs courtes (d'une longueur de 1 mm), la classe B est constituée par les grosseurs plus longues (1cm), les classes C et D ont des longueurs respectives de 2 et 4 cm. Le CLASSIMAT® est notamment utilisé pour optimiser les réglages de l'épuration du fil au bobinage (cf. § I.3.3.1.4).

<sup>2</sup> Couramment appelée « ténacité » (cf. § I.3.3.2).



Pendant le tissage ou le tricotage, les SCF peuvent occasionner des casses de fil et accroître par la même occasion le nombre de rattaches considérées également comme imperfections dans le tissu (Bargerion et Garner, 1988b; Verschraege, 1989). Les SCF sont ensuite retrouvés sur le tissu écreu et contribuent à la dépréciation de son apparence (Figure II-11).



Figure II-11 : Débris de coques sur tissu écreu.

Bien que les opérations de débouillissage (traitement spécifique d'élimination des impuretés végétales) et de blanchiment éliminent (ou rendent moins visibles) la majorité des SCF contenus dans le tissu, elles n'enlèvent pas toute trace de l'effet négatif qu'ont ces impuretés sur le produit fini. Naarding (1986) le souligna en présentant les résultats d'une étude conduite à l'ITT (Institute of Textile Technology, Charlottesville, Virginia, USA). L'auteur indique que, même après blanchiment, une grande proportion des imperfections examinées sur le tissu montre des reliquats de fragments de coques. D'après le même auteur, ces défauts se manifestent même après teinture en prenant une coloration plus légère que le reste des fibres. L'auteur rapporte également qu'en retournant ces imperfections, une tache non teintée apparaît au verso. Ces défauts visibles sur le tissu ont d'ailleurs porté la désignation de « neps à rabat », traduction de « *flap neps* », à cause de cette particularité.

Bargerion et Garner (1988b) indiquent quant à eux que, même s'il ne reste pas de résidus de débris de coque après blanchiment, les fibres qui y sont attachées et qui, elles, restent dans le tissu, constituent quand même des défauts de teinture. Ceci pourrait être dû au fait que les fibres retenues par un SCF ne sont pas démêlées et mélangées au reste de la matière. Evenson (1955), ainsi que Iyengar (1941), rapportent que la maturité des fibres à la chalaze est significativement inférieure à celle du reste des régions de la graine. Le fait qu'un SCF puisse laisser après blanchiment un amas de fibres provenant de cette zone de la graine pourrait expliquer les taches de teinture ; sans oublier que les ovules avortés (motes, cf. § II.1.1.2.4) et les graines immatures représentent selon Bargerion et Garner (1988a) une des sources majeures de SCF.

Il est donc établi que le blanchiment, ainsi que le reste des opérations d'ennoblissement du coton, n'éliminent pas totalement le problème des SCF. Ces derniers peuvent même conduire à des surcoûts de production au niveau de ces traitements. En effet, certains industriels sont parfois amenés à augmenter la concentration de leur bain de blanchiment ou à recourir à des traitements supplémentaires pour venir à bout des SCF, sans réel succès (Lord, 1967). Selon cet auteur, même dans le cas où les débris de coques sont éliminés par le blanchiment, les distorsions locales qu'ils ont provoquées dans la structure du fil persistent.

## II.3 CONCLUSION

Nous avons consacré ce second chapitre à la présentation du problème de la contamination de la fibre de coton par des fragments de coque.

Les différents types de contaminants pouvant être rencontrés en industrie cotonnière ont été abordés brièvement. Le problème spécifique des fragments de coque a ensuite été développé de façon plus complète. Nous avons tenté de suivre le parcours de ces impuretés depuis leur formation, jusqu'à leur manifestation sous forme de perturbation du processus de transformation ou sous forme de défauts dépréciant la qualité du produit fini.

Ainsi, les différents modes de formation des SCF et les facteurs qui y sont liés ont été abordés. Le problème de la détection et de la quantification de ces impuretés a ensuite été développé par la présentation des différentes méthodes existantes. Enfin, les effets connus des SCF sur les différentes étapes du processus de transformation et sur la qualité du produit fini ont été arborés.



**Chapitre III.**

***EFFET DES SCF SUR LA STRUCTURE DU FIL –  
OBJECTIFS ET PLAN DE TRAVAIL***

### III.1 INTRODUCTION

Dans le chapitre précédent, le problème de la contamination de la fibre de coton par les débris de coque de la graine a été abordé. Pour ce faire, nous avons retracé le parcours de ces impuretés, tel qu'il est décrit dans la littérature, depuis leur formation pendant l'égrenage jusqu'à leur incorporation dans le fil et leurs conséquences dans le produit fini.

Comme le révèlent les nombreux écrits sur le sujet, les SCF ont souvent été assimilés aux neps et ont rarement été considérés autrement que comme des imperfections similaires à ces structures. Cette insuffisance d'identification précise des SCF s'étend jusqu'à l'interprétation de leur(s) effet(s) sur le fil, où l'ensemble des SCF est le plus souvent réputé comme une source de nepposité sans considération du reste des aspects qualitatifs du fil. Ces impuretés sont donc réduites au rôle de neps définis selon des seuils de sensibilité imposés par les outils de détection disponibles sur le marché.

Les travaux consacrés à l'étude de la relation entre les SCF et la qualité du fil prise dans sa globalité sont rares et peu concluants. Nous nous sommes donc fixés comme objectif d'examiner le comportement et le rôle joué par ces contaminants dans la structure du fil, en essayant de cerner tous les aspects qualitatifs qui y sont liés. Pour atteindre cet objectif, des méthodes d'analyse les plus précises et fiables possibles sont nécessaires. Outre la détection et le dénombrement des SCF, ces méthodes doivent permettre une caractérisation complète de ces impuretés (taille, forme, présence ou non de fibres attachées et en quelle quantité...).

Une étude préliminaire (Krifa, 1997) a donc été réalisée autour de l'outil Trashcam pour répondre à deux principales interrogations : quels critères de qualités sont à cibler dans une étude plus approfondie des SCF et quels outils utiliser pour la détection et la caractérisation de tout SCF susceptible d'être rencontré dans la fibre puis dans le fil ?

### III.2 ETUDE PRELIMINAIRE

Les résultats de cette étude préliminaire nous ont permis d'arrêter les objectifs à poursuivre et les protocoles d'expérimentation à suivre au cours du présent travail. Nous allons donc présenter brièvement les principales conclusions qui en sont issues, avant d'exposer le plan d'expérience fixé. Mais auparavant, quelques principes relatifs aux traitements statistiques des données de comptages doivent être rappelés.

#### III.2.1 Données de comptages

Les données de comptages suivent théoriquement une distribution de Poisson  $P(\lambda)$  entièrement définie par son paramètre  $\lambda$ . La variance d'une telle distribution est dépendante de sa moyenne :  $\sigma^2 = m = \lambda$ . Une transformation de données est souvent utile dans le cas de telle dépendance entre la variance et la moyenne. Elle permet de satisfaire aux



conditions d'application de la régression linéaire et de l'analyse de variance parmi lesquelles figure l'homogénéité des variances (Snedecor et Cochran, 1957; Dagnélie, 1975).

La transformation racine carrée est de pratique courante dans le cas des comptages. Elle permet en effet de stabiliser les variances résiduelles chaque fois qu'il y a proportionnalité entre la variance et la moyenne de la variable initiale. Tel est le cas notamment pour les distributions de Poisson.

Cette propriété découle de la généralisation des propriétés de la variance, relatives aux transformations linéaires<sup>1</sup> (Dagnélie, 1975). En effet, le développement en série de Taylor, limité au deux premiers termes, de la fonction  $Y(X)$  autour du point  $m_x$  s'écrit :

$$Y(X) \approx Y(m_x) + (X - m_x) Y'(m_x) \quad (III-1)$$

Pour la fonction  $Y(x) = \sqrt{x}$  ce développement s'écrit :

$$Y(X) \approx \sqrt{m_x} + (X - m_x) \frac{1}{2\sqrt{m_x}} \quad (III-2)$$

En vertu des propriétés de la variance (Dagnélie, 1975), et du fait que  $m_x$  soit une constante, on obtient :

$$\sigma^2_Y \approx \left( \frac{1}{2\sqrt{m_x}} \right)^2 \sigma^2_X \quad (III-3)$$

Dans le cas d'une proportionnalité entre la variance et la moyenne de la variable  $X$  :

$$\sigma^2_X = k m_x \quad \text{donc} \quad \sigma^2_Y \approx \left( \frac{1}{2\sqrt{m_x}} \right)^2 k m_x = \frac{k}{4} \quad (III-4)$$

Cette propriété de stabilisation des variances est applicable, comme nous pouvons le voir, pour des variables dont la variance est proportionnelle à la moyenne. Elle reste donc valable dans le cas des comptages suivant une loi sur-dispersée par rapport à la loi de Poisson pour laquelle on peut supposer que la variance n'est plus égale mais proportionnelle à la moyenne. La littérature mentionne en effet de nombreux cas où une telle sur-dispersion est rencontrée (Gozé et Frydrych, 1997; Kizungu, 1997; Lesnoff, 1997). Bachelier (1998) a notamment retrouvé ce phénomène de sur-dispersion pour la distribution des comptages des SCF effectués sur Trashcam. Notons que dans le cas particulier de la loi de Poisson ( $k = 1$ ), la transformation racine carrée stabilise en théorie la variance à 0,25.

<sup>1</sup> Pour toute transformation linéaire on a :  $\sigma^2_{a+bX} = b^2 \sigma^2_X$

Les résultats des différents comptages seront donc traités après transformation racine carrée avant l'application de la régression linéaire ou de l'analyse de variance.

Le caractère « Poissonien » des dénombrements sera aussi à prendre en compte dans le calcul des intervalles de confiance autour de la moyenne. Ainsi, nous serons amenés à utiliser, dans certains cas, les formules données par Saporta (1990) pour le calcul de l'intervalle de confiance pour le paramètre  $\lambda$  d'une variable  $P(\lambda)$ . En désignant par  $\bar{x}$  la moyenne d'un échantillon de  $n$  individus, l'intervalle de confiance pour  $\lambda$  à un risque symétrique  $1-\alpha$  s'écrit :

$$\frac{1}{2n} \chi^2_{2n\bar{x}; \alpha/2} \leq \lambda \leq \frac{1}{2n} \chi^2_{2(n\bar{x}+1); 1-\alpha/2} \quad (III-5)$$

où  $\chi^2_{c; \alpha}$  est le quantile d'ordre  $\alpha$  d'un  $\chi^2$  à  $c$  degrés de liberté.

Lorsque  $2n\bar{x}$  dépasse les possibilités des tables de  $\chi^2$ , les intervalles de confiance sont obtenus par une approximation normale de la loi du  $\chi^2$  (approximation de Wilson et Hilferty in Saporta, 1990) :

$$\bar{x} \left( 1 - \frac{u}{3\sqrt{n\bar{x}}} - \frac{1}{9n\bar{x}} \right)^3 \leq \lambda \leq \left( \bar{x} + \frac{1}{n} \right) \left( \frac{u}{3\sqrt{n\bar{x}+1}} + 1 - \frac{1}{9(n\bar{x}+1)} \right)^3 \quad (III-6)$$

où  $u$  est le fractile de la loi normale réduite au seuil de confiance désiré.

### III.2.2 Matériel et méthodes

Pour cette étude préliminaire, un essai de micro-filature a été réalisé sur 15 cotons non collants représentant une gamme de contenus en SCF. Les caractéristiques technologiques de la fibre ont été déterminées sur chaîne HVI. Les échantillons ont ensuite été filés en 20 tex, sur les deux principaux procédés de filature répandus en industrie : le procédé classique à anneau et curseur (RS) et le procédé à rotor (OE).

Les SCF ont été détectés dans la fibre après cardage à l'aide des outils Trashcam et AFIS. Les filés ont été testés en régularimétrie globale et détaillée sur UT3 ainsi que sur dynamomètre à gradient d'allongement constant (Uster® Tensorapid). Les filatures ont été effectuées dans des conditions ambiantes contrôlées ( $T : 22 \pm 1^\circ\text{C}$  et  $HR : 45 \pm 2\%$ ). Toutes les analyses sur fibre et sur fil ont été effectuées dans des conditions de température et d'humidité relative maintenues constantes à  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  et  $65 \pm 2\%$ .

### III.2.3 Comptage des SCF dans la fibre

Comme nous l'avons déjà mentionné, les SCF ont été détectés dans le voile de carte à l'aide des deux outils dont nous disposons : Trashcam et AFIS. Nous allons dresser un comparatif entre ces deux méthodes dans le but d'en exploiter les principaux avantages dans la suite de ce travail.



### III.2.3.1 Trashcam

L'analyse Trashcam est réalisée sur une nappe de fibre constituée par la superposition de plusieurs voiles de cardé (cf. § II.2.3.5.3). Bachelier (1998) montre que les comptages obtenus sur Trashcam sont dépendants de la densité de la nappe testée. En outre, l'auteur détermine une densité optimale à partir de laquelle les comptages se stabilisent et deviennent indépendants de l'épaisseur de la nappe.

Ce résultat, obtenu sur la première version de Trashcam (capture d'image par caméra), a été validé au cours de notre étude sur la version utilisant le scanner pour la capture d'image. Nous avons donc déterminé une densité de « saturation », au-delà de laquelle il apparaît que les comptages se stabilisent. La lumière du scanner n'atteint plus tous les SCF présents dans la fibre ; ceux qui sont situés dans les couches supérieures de la nappe ne sont pas pris en compte dans le dénombrement.

Ce phénomène de saturation n'est pas problématique dans le cas où la méthode est utilisée pour la détermination d'un potentiel de SCF dans la fibre. Bien au contraire, une fois la saturation atteinte, elle permet de stabiliser les comptages et d'éviter ainsi d'éventuels biais qui seraient dus à une variation trop importante de la densité de la nappe. En revanche, dans le cas où il est nécessaire de détecter et de caractériser la totalité des SCF présents dans les échantillons, notamment afin d'obtenir une distribution non tronquée de la taille de ces impuretés, ce phénomène risque de poser certains problèmes. Il est par exemple vraisemblable que les SCF de petite taille soient plus facilement masqués par la fibre que ceux de grande taille situés dans la même couche de la nappe. Une analyse réalisée au delà du seuil de saturation fournira dans ce cas une distribution des tailles tronquée sur sa partie gauche.

Pour la suite de notre travail, la méthode Trashcam va donc être adaptée aux objectifs fixés afin de permettre la détection et la caractérisation de la gamme complète des SCF présents dans la fibre. Cette optimisation fera l'objet d'une description plus développée par la suite (cf. § IV.1).

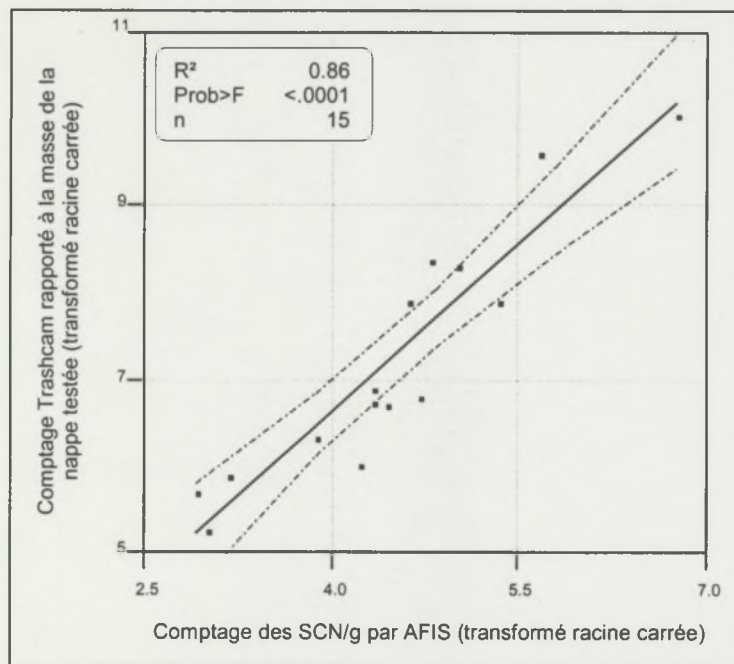
### III.2.3.2 AFIS®

Comme nous l'avons indiqué au précédent chapitre (cf. § II.2.3.4.1), les fragments de coque détectés par cette méthode sont ceux qui ont des fibres attachées et sont nommés *Seed Coat Neps* (SCN). Les gros SCF sans fibres ou n'ayant que des duvets attachés sont placés dans la classe des *Trash*. Toutes les impuretés d'une taille inférieure à 500 µm sont considérées comme poussières ou « *microdust* » (Baldwin *et al.*, 1995; Jones et Baldwin, 1995; Jones et Baldwin, 1996). L'utilisation d'AFIS® fournit donc une caractérisation d'un sous-ensemble de la gamme de SCF présents dans la fibre. Les conclusions relatives à cette méthode devront donc prendre en considération cette restriction au sein de la globalité des SCF.

### III.2.3.3 Relation entre les deux méthodes

L'analyse Trashcam n'étant pas destructive, les mêmes nappes de carte ont pu être testées successivement par cette méthode puis par AFIS®. Bien que l'analyse d'image ait été réalisée sur des nappes de densité supérieure au seuil de saturation (cf. § III.2.3.1), les comptages ont été ramenés à la masse du spécimen testé afin d'uniformiser les unités et de permettre la comparaison entre les deux méthodes. Il est toutefois nécessaire de rappeler que l'analyse Trashcam au delà du seuil de saturation fournit des évaluations sous-estimées du nombre de SCF par unité de masse de fibre.

Nous avons représenté dans la *Figure III-1* la relation entre les comptages obtenus sur les deux méthodes après transformation racine carrée des données.

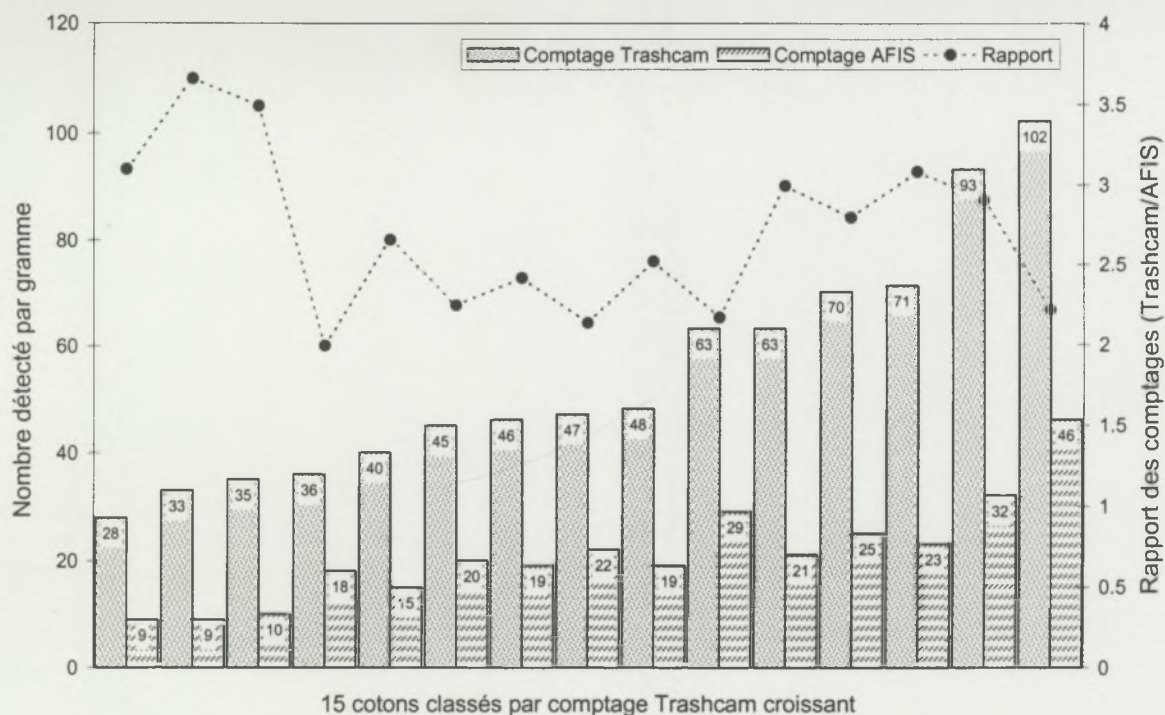


**Figure III-1 : Relation entre le comptage des SCF par Trashcam et des SCN par AFIS.**

$$\sqrt{SCF \text{ Trashcam}} = 1,29 \times \sqrt{SCN \text{ AFIS}} + 1,44 \quad (III-7)$$

Comme nous pouvons le constater (*Figure III-1*), les comptages obtenus par les deux méthodes sont corrélés de manière très hautement significative. L'équation (III-7) de régression reliant les deux méthodes laisse cependant apparaître des niveaux de comptage supérieurs pour Trashcam. Nous avons représenté ces niveaux dans l'échelle originale (en nombre d'imperfections détectées par gramme) sur la *Figure III-2*.





**Figure III-2 : Comparaison entre les comptages des SCF par Trashcam et des SCN par AFIS.**

Comme le montre cette figure, l'analyse Trashcam détecte entre deux et quatre fois plus de SCF que ce que fournit le comptage des SCN par AFIS. Cette différence devrait s'accroître si Trashcam est adapté pour une détection de la totalité des SCF dans la fibre (en deçà de la saturation).

La différence entre les deux comptages est prévisible sachant qu'AFIS® ne détecte, comme précédemment mentionné, qu'une partie de la gamme des SCF présents dans la fibre (SCN). Néanmoins, l'hypothèse de base de Trashcam (cf. § II.2.3.5.3) mériterait d'être vérifiée. En effet, il est possible que des débris divers, restant dans la fibre après cardage, contribuent à cette différence entre les deux comptages. Il serait d'autre part utile d'effectuer un examen approfondi des impuretés détectées par l'une et l'autre méthode, afin d'arriver à caractériser précisément la contamination de la fibre par les SCF.

#### II.2.4 Contribution des SCF dans la nepposité du fil

Les filés obtenus pour les deux types de filature ont été testés en analyse globale et détaillée sur régularimètre UT3 (cf. § II.2.3.4.2). Les seuils de sensibilité ont été fixés aux valeurs préconisées pour chaque type de filature, à savoir : les neps +200% pour le fil RS et +280% pour le fil OE. Les résultats de cette analyse détaillée sont représentés sous forme de séries empilées pour le fil RS (Figure III-3) et pour le fil OE (Figure III-4).



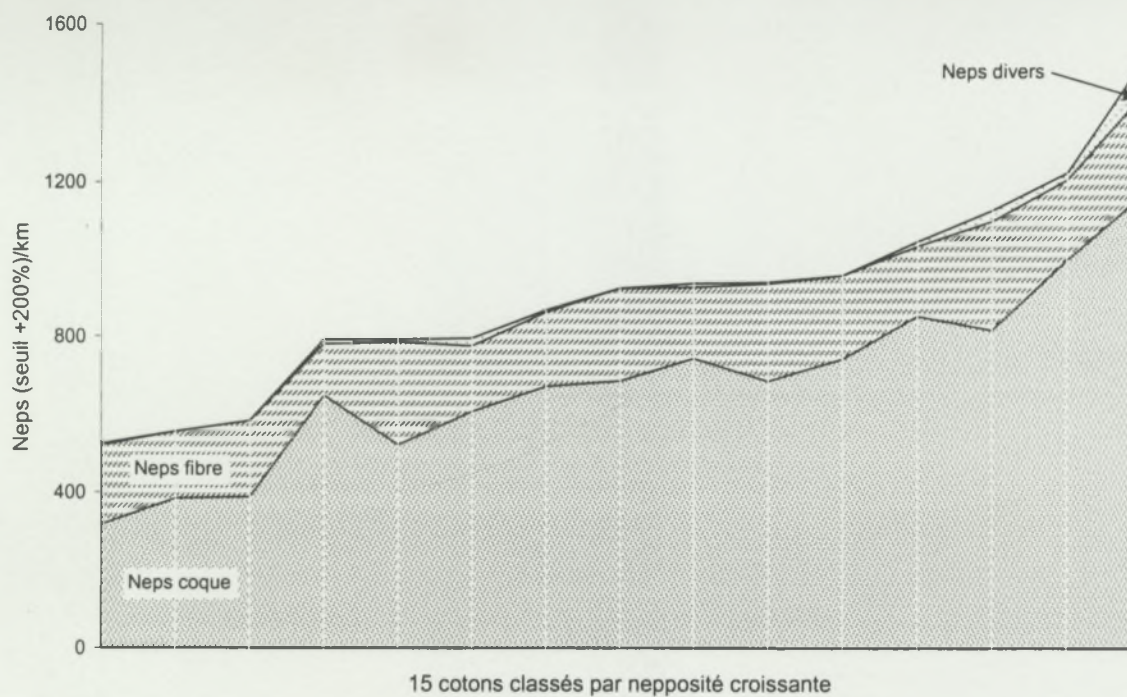


Figure III-3 : Décomposition du nombre global des neps +200%  
sur fil RS 20tex.

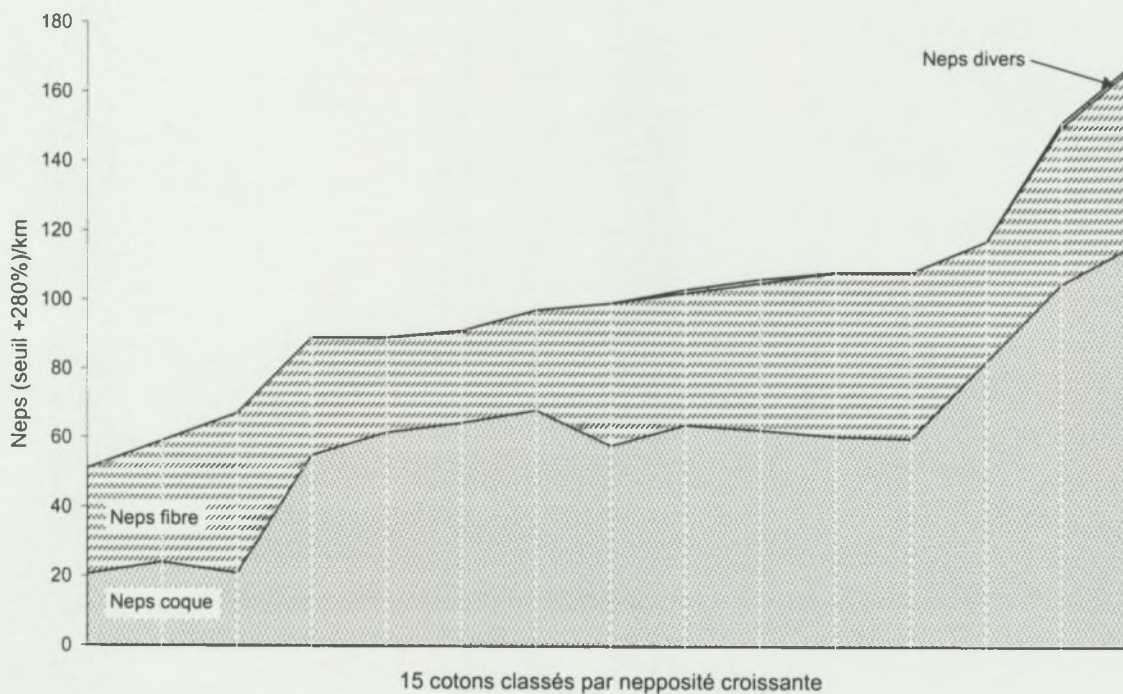


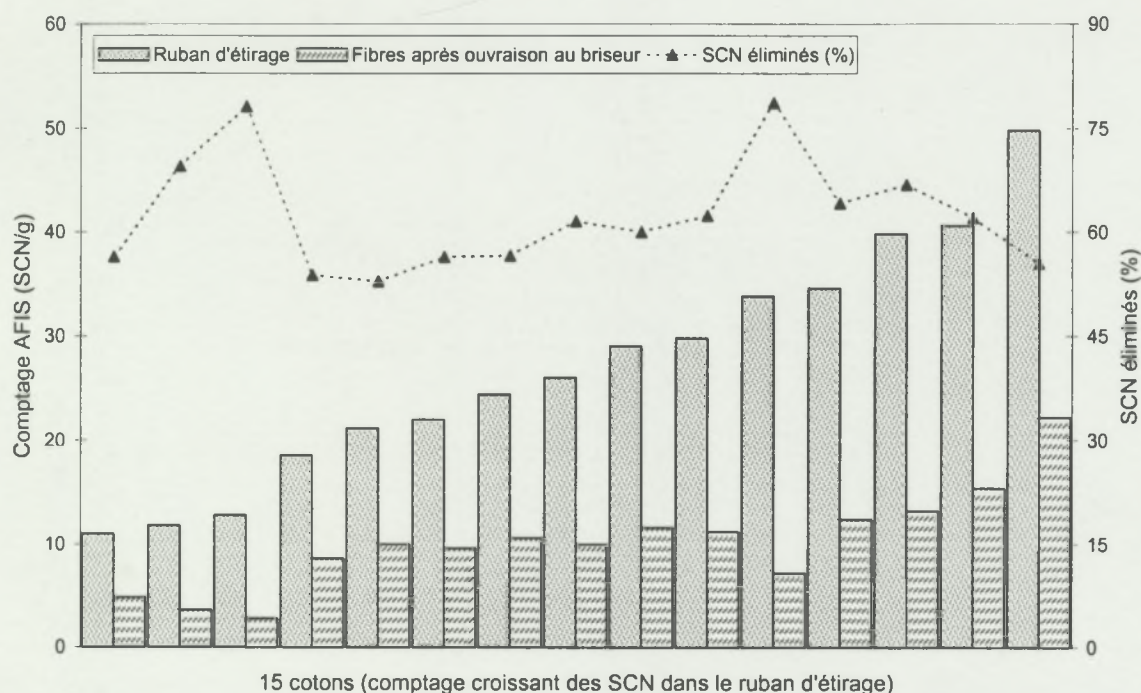
Figure III-4 : Décomposition du nombre global des neps +280%  
sur fil OE 20tex.

Comme le montre la *Figure III-3*, les débris de coque sont à l'origine de la majorité des neps du fil RS. Les neps coques représentent une moyenne de 75% des neps +200%



détectés sur le fil (pour une gamme allant de 60 à 82%). En ce qui concerne la filature à rotor (*Figure III-4*), les neps coque représentent un pourcentage du total des neps UT3 (+280%) inférieur à celui constaté pour la filature classique (une moyenne de 59% pour une gamme de 31 à 71%).

La différence entre les deux types de filature, en ce qui concerne la contribution des SCF dans les neps, peut être attribuée à plusieurs raisons. La première consiste au fait que les sensibilités utilisées pour le comptage des SCF par analyse détaillée sont différentes selon qu'il s'agisse de fil RS ou OE. D'autre part, des analyses AFIS réalisées sur la fibre avant et après passage au briseur OE ont montré l'élimination d'une quantité significative de SCN au cours de l'individualisation des fibres (*Figure III-5*).



**Figure III-5 : Variation du comptage AFIS des SCN après individualisation des fibres par l'ouvreuse OE.**

D'après les comptages AFIS réalisés sur la matière avant et après passage au briseur de la broche OE, il y a une diminution de 53 à 79% du nombre de SCN détectés. Cette opération de nettoyage n'a pas lieu dans le cas de la filature RS. La qualité du fil OE semble donc moins sensible à la présence des SCF que celle du fil RS. Nous allons donc, dans la suite de ce travail, privilégier l'étude approfondie des aspects qualitatifs du fil RS en relation avec les SCF. Cependant, nous reviendrons sur certains aspects concernant le fil OE ainsi que sur la différence entre les deux types de filature en ce qui concerne les SCF.

Nous avons représenté ci-dessous les relations entre les comptages Trashcam (*Figure III-6*) et AFIS (*Figure III-7*), réalisés sur nappe de carde, et les nombres de neps coque obtenus par analyse détaillée des neps +200% du fil RS.

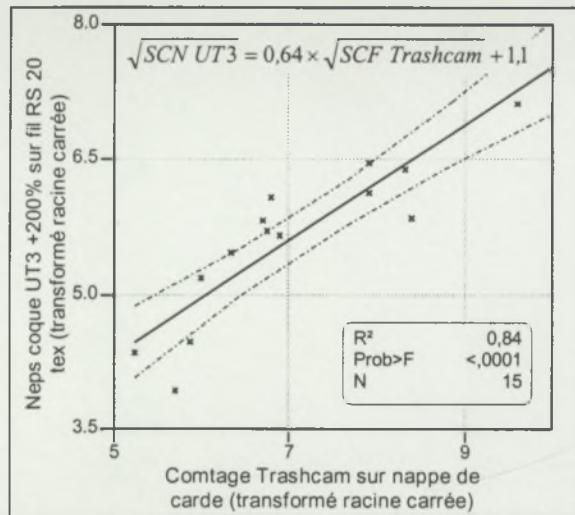


Figure III-6 : Régression linéaire, nombre de neps coque (UT3 +200%) sur fil RS 20 tex en fonction du comptage des SCF par Trashcam sur nappe de cardé.

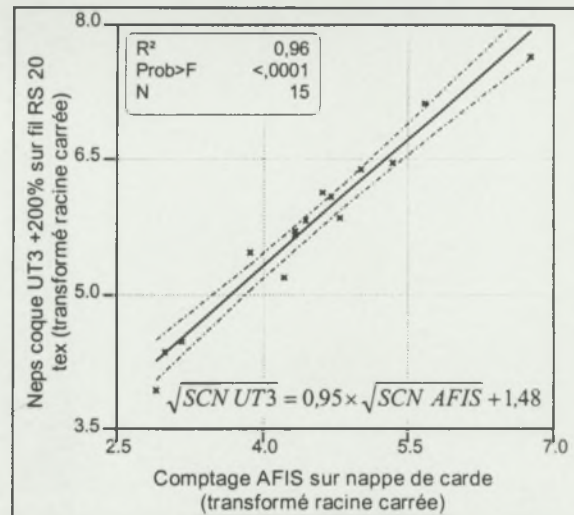


Figure III-7 : Régression linéaire, nombre de neps coque (UT3 +200%) sur fil RS 20 tex en fonction du comptage AFIS sur nappe de cardé.

Les comptages sur fil ont été ramenés à un nombre par unité de masse pour permettre de visualiser les correspondances entre les niveaux des différentes méthodes. La première observation que nous pouvons formuler en examinant ces régressions est que AFIS et Trashcam fournissent tous les deux des comptages significativement prédictifs des neps coques sur le fil.

D'autre part, ces régressions laissent encore une fois apparaître les écarts des niveaux de comptages entre Trashcam et les deux autres méthodes. L'analyse par régularimétrie capacitive ne prend en compte que les SCF ayant provoqué dans le fil une variation de masse dépassant le seuil de sensibilité fixé (+200% en l'occurrence). AFIS®, ayant été étalonné par rapport au comptage des neps coques sur fil (cf. § II.2.3.4.1), fournit un nombre de SCN très proche de ce dernier. Il reste donc une partie des SCF, que nous détectons par Trashcam dans le voile de cardé, dont l'effet sur le fil reste inconnu étant donné que ceux-ci n'ont pas conduit à la formation de neps (pouvant être détectés aux seuils de sensibilité utilisés).

Afin de pouvoir tenir compte de ces SCF et de déterminer leur effet éventuel sur la structure du fil, il est nécessaire de pouvoir les détecter et les caractériser. Pour ce faire, d'autres méthodes d'analyse des défauts du fil sont requises.

### III.2.5 Relation entre les SCF et les paramètres de qualité du fil

Outre les neps, d'autres propriétés technologiques du fil pourraient être influencées par les SCF. Nous avons examiné la relation entre les points gros (défauts longs, +50%), dans le cas du fil RS et OE, et les SCF détectés par Trashcam dans la nappe de cardé (Figures III-8 et III-9).



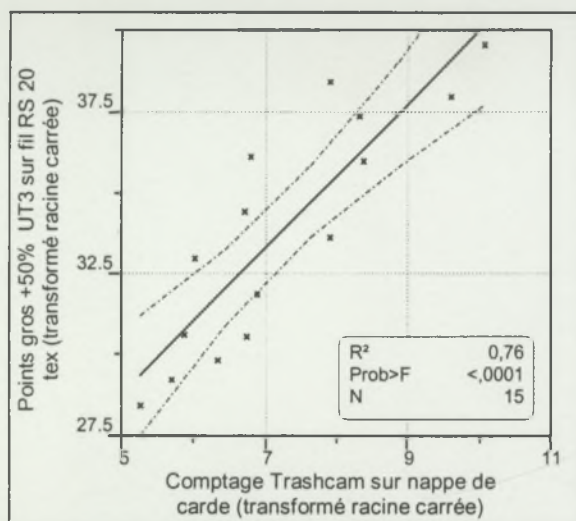


Figure III-8 : Points gros en fonction du comptage Trashcam sur nappe de carde (fil RS 20 tex).

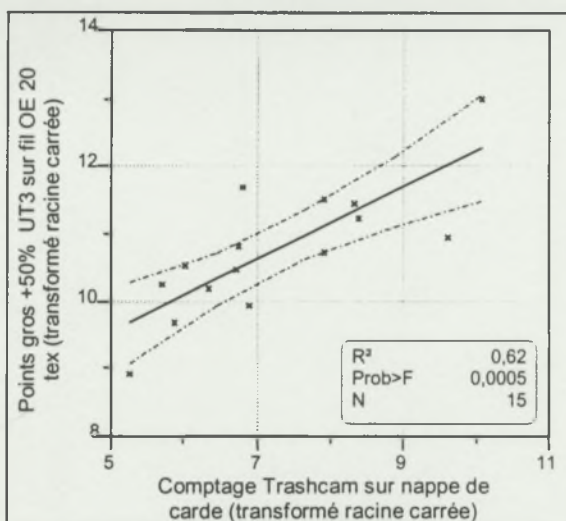


Figure III-9 : Points gros en fonction du comptage Trashcam sur nappe de carde (fil OE 20 tex).

La relation entre les points gros (+50%) et les comptages Trashcam est très hautement significative (au seuil  $\alpha = 0,001$ ), que ce soit dans le cas du fil RS ou OE (Figure III-8, Figure III-9). Les SCF ne seraient donc pas liés uniquement aux défauts ponctuels que sont les neps, mais apparaissent comme source probable de défauts longs réputés être dus à des défauts d'étirage. Les SCF, qui provoqueraient de telles imperfections dans le fil, ne sont pas pris en compte dans l'analyse détaillée effectuée sur régularimètre et appartiennent vraisemblablement à la catégorie non détectée que nous avons mentionné ci-dessus (cf. § III.2.4).

La résistance des filés produits au cours de cette étude a été testée sur un dynamomètre à gradient d'allongement constant. La charge spécifique à la rupture du fil (ténacité) est principalement expliquée par la résistance des fibres (ténacité HVI) qui en fournit une prévision satisfaisante. Les coefficients de corrélation constatés entre ces deux paramètres étaient de 0,92 pour le fil RS et 0,90 pour le fil OE (tout deux très hautement significatifs)<sup>1</sup>. Néanmoins, une relation significative entre les comptages des SCF par Trashcam et la résistance du fil a également été remarquée. Nous rapportons cette relation sur les Figures III-10 et III-11 pour chacune des filatures effectuées (RS et OE).

Nous avons réalisé un modèle de régression multiple pas à pas, regroupant les différentes propriétés technologiques de la fibre et les comptages des SCF comme variables explicatives de la charge spécifique à la rupture du fil. Le Tableau III-1 rapporte l'étendue de la gamme des principales caractéristiques technologiques (fibres et fil) impliquées dans le modèle. Les probabilités d'entrée et de rejet des différentes variables explicatives ont été fixées à 0.05. La variable Trashcam a apporté une amélioration significative au coefficient de détermination ( $R^2$ ) dans le cas du fil RS (Tableau III-2) et OE (Tableau III-3) et a donc pu être introduite dans le modèle. En revanche, des paramètres tels que la longueur, l'uniformité et

<sup>1</sup> Résultats obtenus dans des conditions optimisées de filature de laboratoire.

la maturité ont été rejetés. La finesse (H) quant à elle n'a pu être introduite que dans le cas du fil OE.

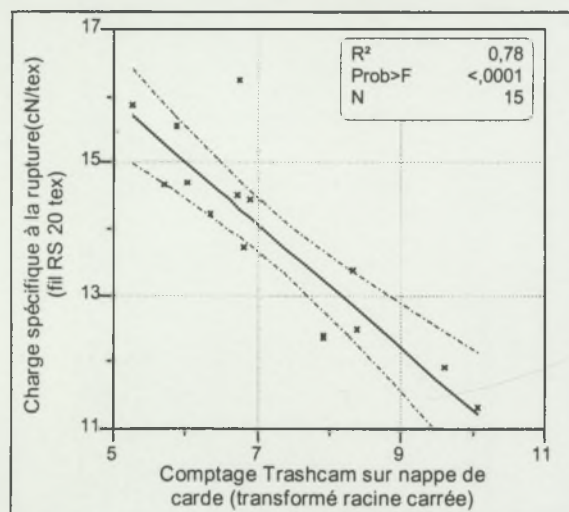


Figure III-10 : Relation entre la charge spécifique à la rupture (cN/tex) du fil RS 20 tex et le comptage Trashcam sur nappe de carte.

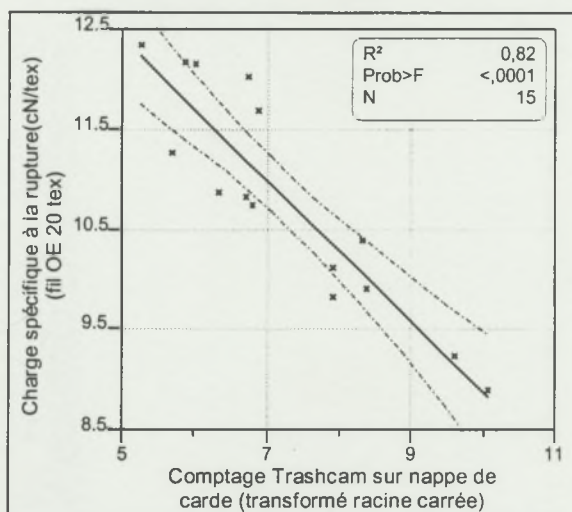


Figure III-11 : Relation entre la charge spécifique à la rupture (cN/tex) du fil OE 20 tex et le comptage Trashcam sur nappe de carte.

Tableau III-1 : Gamme des principales caractéristiques des fibres et du fil.

Variable	Minimum	Maximum	Moyenne
<b>Fibres</b>			
UHML (mm)	28,10	32,20	29,58
Ténacité HVI (g/tex)	27,50	34,00	30,71
UI%	81,70	85,30	82,98
IM	3,18	4,48	3,70
MR	0,79	0,96	0,87
H (mtex)	137	179	155
<b>Fil RS</b>			
Ténacité (cN/tex)	11,33	16,26	13,86
<b>Fil OE</b>			
Ténacité (cN/tex)	8,92	12,37	10,85

Tableau III-2 : Modèle de régression multiple, charge spécifique à la rupture du fil RS 20 tex en fonction des propriétés technologiques des fibres et des comptages des SCF.

Variable explicative	Estimation	F	Prob>F	Variable entrée
UHML	—	0,739	0,408	
Ten HVI	0,433	15,739	0,002	X
UI	—	0,275	0,611	
Trashcam	-0,132	5,934	0,031	X
AFIS SCN	—	0,157	0,700	
H	—	2,533	0,140	
IM	—	1,720	0,217	
MR	—	0,138	0,718	
Origine	3,25			
R²	0,90			



**Tableau III-3 : Modèle de régression multiple, charge spécifique à la rupture du fil OE 20 tex en fonction des propriétés technologiques des fibres et des comptages des SCF.**

Variable explicative	Estimation	F	Prob>F	Variable entrée
UHML	—	1,690	0,223	
Ten HVI	0,22	8,573	0,014	X
UI	—	0,326	0,580	
Trashcam	-0,285	5,732	0,036	X
AFIS SCN	—	1,652	0,228	
H	-0,022	6,441	0,028	X
IM	—	0,071	0,796	
MR	—	0,064	0,806	
Origine	9,61			
R <sup>2</sup>	0,93			

L'étude par régression montre donc l'existence probable d'un effet négatif des SCF sur la résistance du fil. Nous allons donc tenter, dans la suite du présent travail, de déterminer le rôle joué par ces impuretés au milieu de tous les facteurs pouvant influencer sur la résistance du fil (cf. § VI.1).

### III.3 RECAPITULATION, OBJECTIFS ET PLAN DE TRAVAIL

À l'issue de cette étude préliminaire, nous pouvons faire quelques constats qui répondent en partie aux deux interrogations mentionnées au paragraphe III.1, à savoir : quels critères de qualités sont à cibler dans une étude plus approfondie des SCF et quels outils utiliser pour la détection et la caractérisation de tout SCF susceptible d'être rencontré dans la fibre puis dans le fil ?

- Chacune des méthodes testées au cours de ce travail, pour le comptage des SCF dans la fibre et dans le fil, présente des limites et des biais de différentes origines. Les méthodes commerciales, notamment, n'offrent qu'une vision partielle du problème des SCF.
- Aucune des méthodes disponibles à ce stade n'offre d'information sur la nature et la diversité des SCF. La détermination des caractéristiques intrinsèques de ces impuretés doit passer par l'optimisation des méthodes existantes et/ou la mise au point de nouvelles méthodes.
- Les SCF pourraient être à l'origine d'autres types de défauts que les neps du fil.
- Les SCF pourraient également intervenir dans la variation des propriétés mécaniques du fil.

Les observations formulées ci-dessus nous ont permis de fixer les axes de recherche pouvant nous conduire vers le principal objet du présent travail : comprendre le comportement et le rôle joué par les SCF dans la structure du fil, en interaction avec les propriétés technologiques de la fibre et en essayant de cerner tous les aspects qualitatifs qui y sont liés. À ce stade, nos objectifs peuvent être énumérés en quatre points essentiels :

- Caractérisation des SCF dans la fibre :
  - ✓ Optimisation de Trashcam pour le comptage, la mesure de la taille et des paramètres de forme.

- ✓ Mise au point d'une méthodologie pour la mesure de la quantité de fibres attachées aux SCF.
- Comptage et caractérisation des SCF sur le fil
- Compréhension du comportement des SCF au cours de la filature :
  - ✓ Relation avec les caractéristiques intrinsèques des SCF
  - ✓ Perturbation de la structure du fil au cours de sa formation
- Effet des SCF sur les différents paramètres de qualité du fil :
  - ✓ Différents types de défauts
  - ✓ Résistance du fil
  - ✓ Relation avec les caractéristiques des SCF
  - ✓ Interaction avec les propriétés technologiques des fibres

La réalisation de ce travail a donc commencé par la mise au point et la validation des méthodes d'analyse nécessaires pour la détection et la caractérisation des SCF. Elle s'est poursuivie par trois approches expérimentales que nous allons présenter brièvement et que développerons plus en détail avant la discussion des résultats de chaque partie.

Ces expérimentations ont été réalisées sur des échantillons de fibres prélevés dans une gamme de 25 cotons de différentes origines. Les propriétés technologiques des fibres ont été mesurées sur chaîne HVI (longueur, uniformité, ténacité, allongement et couleur) et sur FMT3 (*Fineness & Maturity Tester; Shirley Developments Ltd.*) (Gourlot et Hequet, 1994). Nous les avons représentées dans le *Tableau III-4*.

Pour la première approche, une gamme de dix (sous-ensemble de la gamme de 25) cotons de différentes origines a été sélectionnée pour une expérimentation de micro-filature en trois titres : 20, 27 et 37 tex. Cette expérimentation a permis de caractériser les SCF présents dans la fibre, d'étudier leur comportement pendant la filature (aptitude au nettoyage) et de déterminer leur contribution dans les différents types de défauts du fil.

La deuxième approche a consisté en une étude des effets de la soustraction manuelle des SCF réalisée sur cinq variétés sélectionnées dans la gamme de départ (*Tableau III-4*). Cette étude a été mise au point avec le principal objectif de déterminer le rôle joué par les SCF dans la résistance du fil. Cependant, elle a également permis d'apporter un complément d'information concernant les défauts provoqués par les SCF dans le fil.

Enfin, la troisième approche s'est appuyée sur une expérimentation par ensemencement, ou addition sélective, des SCF dans un coton indemne à l'origine. Cette étude expérimentale a permis de tenir compte et de déterminer l'importance des caractéristiques des SCF et leur effet sur le fil. L'étude de la perturbation de la structure du filé en cours de formation a également fait partie des aspects abordés au cours de cette expérimentation.

Ces trois approches, différentes mais complémentaires, ainsi que les diverses analyses réalisées, sont représentées schématiquement dans la Figure III-12.



Tableau III-4 : Propriétés technologiques de la gamme d'échantillons étudiés.

CONDITIONS D'ANALYSE		Appareil		Nombre de mesures					Préparation des échantillons			Etalonnage	
		ZUS910 (Longeur, Ténacité, Allongement)		10					Ouvert main			HVICC	
		FMT3 (Finesse, Maturité)		2					Blendé			ICCS	
		ZUS930 (Couleur)		4					Ouvert main			COUL	
N°	Localisation	ML mm	UHML mm	UI %	Strength g/tex	Elong %	IM	MR	PM %	H mtex	HS mtex	Rd %	+b
1	USA	21.50	26.30	81.70	28.40	5.30	4.11	0.85	76.03	179	210	76.20	9.50
2	USA	22.47	27.50	81.70	27.00	5.10	3.81	0.79	70.22	175	222	75.10	10.50
3	USA	22.69	28.50	79.60	29.90	5.80	3.81	0.80	71.27	173	216	78.30	9.10
4	BEN	25.34	30.20	83.90	32.00	5.90	3.71	0.84	75.12	159	189	75.70	11.80
5	PAR	23.18	28.20	82.20	28.40	5.30	4.11	0.90	80.23	170	188	74.20	10.00
6	CDI	24.49	29.30	83.60	30.50	5.80	3.91	0.90	80.02	160	177	73.90	11.00
7	CMR	27.06	31.80	85.10	34.10	6.20	3.51	0.88	78.46	143	162	77.50	8.90
8	CMR	24.13	29.00	83.20	31.00	6.70	3.81	0.90	79.63	156	174	77.10	8.80
9	BEN	24.47	29.30	83.50	31.40	5.80	3.81	0.90	80.22	155	171	72.90	10.10
10	PAR	23.66	27.90	84.80	29.40	5.70	4.71	0.96	84.40	192	200	75.30	8.60
11	CMR	23.50	28.50	82.30	28.20	6.00	3.90	0.90	81.10	157	172	76.00	8.50
12	CMR	23.60	28.60	82.40	27.90	5.80	4.50	1.00	84.90	179	186	75.00	8.60
13	CMR	27.50	32.20	85.30	31.70	6.10	3.80	0.90	80.80	152	167	77.20	8.20
14	TGO	23.80	28.90	82.50	31.00	5.60	3.30	0.80	72.50	141	173	78.50	9.40
15	CMR	25.30	30.30	83.60	31.90	5.90	3.40	0.90	78.30	137	155	81.10	8.60
16	CMR	23.20	28.40	81.80	32.00	5.70	3.20	0.80	70.00	140	178	79.80	8.70
17	CMR	24.50	29.30	83.50	34.00	6.00	3.70	0.90	78.70	151	171	79.00	8.70
18	CMR	25.10	30.00	83.60	33.10	6.30	3.60	0.90	77.70	148	169	80.10	8.60
19	CMR	24.60	29.60	83.10	32.60	6.40	3.80	0.90	76.60	160	186	79.30	8.90
20	CMR	25.30	30.40	83.10	29.50	6.60	3.80	0.90	78.40	157	178	78.20	8.00
21	CMR	24.80	29.70	83.50	31.30	6.20	3.90	0.80	74.20	170	204	77.90	9.30
22	CMR	25.50	30.90	82.60	32.50	5.50	3.40	0.90	76.30	140	163	76.50	8.70
23	CMR	23.00	28.10	81.70	29.70	5.80	3.50	0.80	75.40	147	174	77.20	8.20
24	TCD	24.20	29.40	82.20	27.70	6.20	3.80	0.80	73.80	166	201	74.30	7.10
25	TCD	24.50	29.40	83.20	27.50	6.40	4.20	0.90	78.70	177	200	73.80	7.60

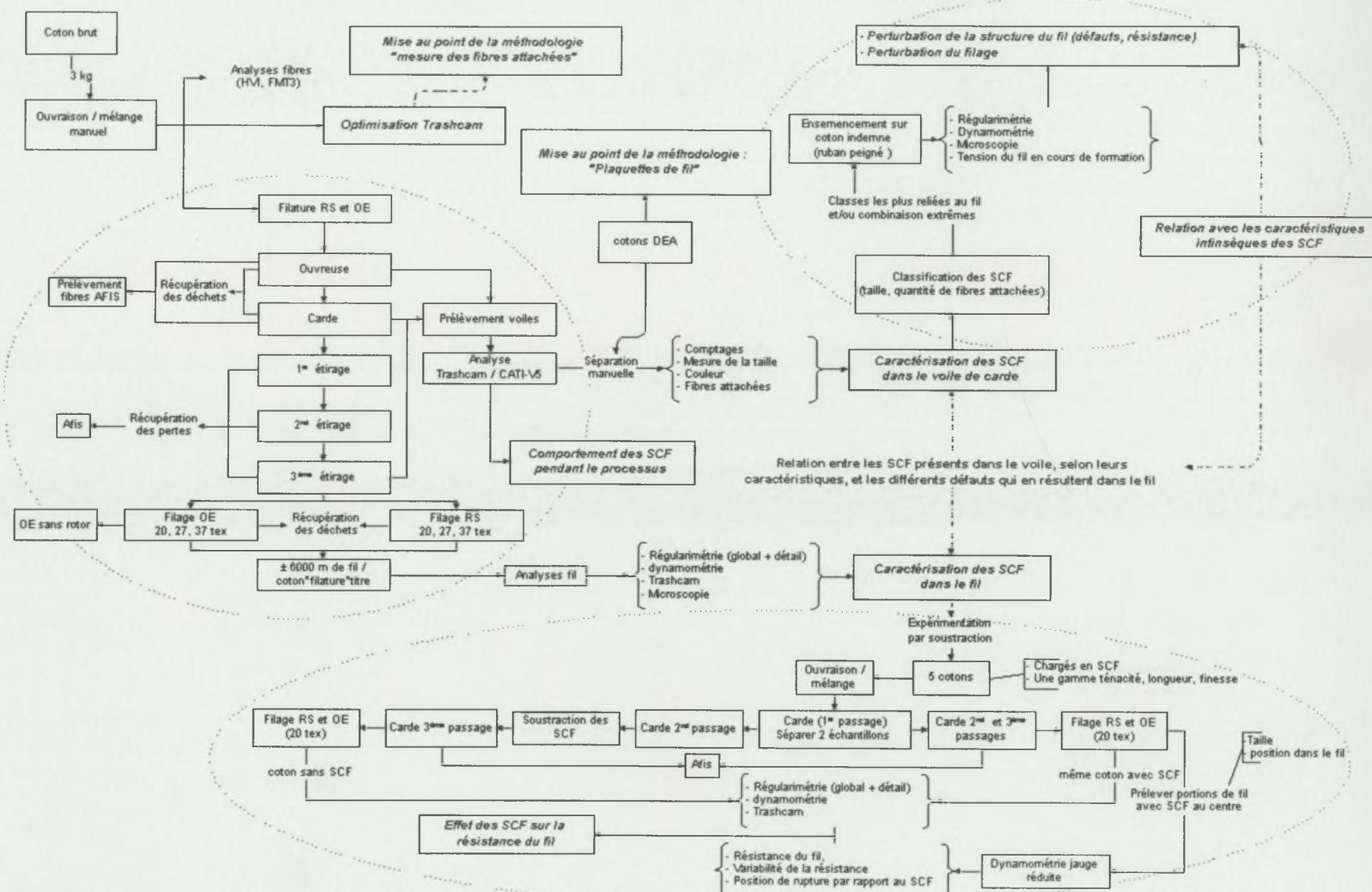


Figure III-12 : Représentation schématique du plan d'expérimentations.



**Chapitre IV.**

**MISE AU POINT DES METHODOLOGIES D'ANALYSE :  
DETECTION ET CARACTERISATION DES SCF DANS LA  
FIBRE ET DANS LE FIL**

## IV.1 DÉTECTION ET CARACTÉRISATION DES SCF DANS LE VOILE DE CARDE, OPTIMISATION DU COMPTAGE TRASHCAM

Dans le cadre du présent travail, il est important de disposer d'un outil d'analyse capable de prendre en compte toute la gamme de SCF présents dans la fibre, sans troncature de leur distribution de taille. Cette détection permettra de tenir compte de la diversité de ces impuretés et d'avoir une perception globale de leur comportement pendant le processus de filature.

Parmi les outils dont nous disposons, Trashcam semble être la méthode la plus apte à répondre à ces attentes. En effet, cette analyse n'est pas limitée à une catégorie de SCF répondant à des critères et des seuils de sensibilité donnés, comme c'est le cas pour les méthodes commerciales (cf. § II.2.3.4 et III.2.3). Néanmoins, la méthode Trashcam telle qu'elle est utilisée en routine de laboratoire et notamment en amélioration variétale, ne permet pas la détection et la caractérisation de la totalité des SCF présents dans la fibre, bien qu'elle soit efficace pour déterminer un potentiel de contamination par des débris de coque (Krifa, 1997; Bachelier, 1998). Il semble donc nécessaire d'apporter certaines modifications dans le protocole d'analyse sur Trashcam afin de pouvoir adapter la méthode aux objectifs que nous nous sommes fixés.

Ces modifications, portant sur la préparation de l'échantillon et sur les paramètres de capture et d'analyse d'image, vont permettre de contourner les limites de la méthode abordées au précédent chapitre (cf. § III.2.3.1) :

- **Phénomène de saturation** : Au-delà d'une certaine épaisseur, les comptages Trashcam se stabilisent. La lumière du scanner n'atteint plus tous les SCF présents dans la nappe. Les SCF situés dans les couches supérieures de cette dernière ne vont pas être détectés ; il devient de ce fait impossible de déterminer la quantité de SCF par unité de masse de fibre. D'autre part, il est probable que les SCF de petite taille soient plus facilement masqués par la fibre que les gros situés dans la même couche de la nappe, la distribution des tailles risque donc d'être tronquée.
- **Mesure de la taille** : La mesure de la taille des SCF sur Trashcam se fait par comptage des pixels dont le niveau de gris dépasse le seuil de détection et qui sont par ce fait considérés comme appartenant à l'impureté. Dans une superposition de voiles, les SCF peuvent être noyés dans les fibres, ce qui pourrait réduire la précision de la mesure de la taille.
- **L'hypothèse de travail de Trashcam** est que la totalité des impuretés diverses est éliminée au cardage, et que seuls les SCF demeurent dans la fibre après cette opération. Dans le cas où d'autres types d'impuretés (autres que les SCF) restent dans la matière après cardage, Trashcam les considère comme des SCF.

Pour pallier ces inconvénients, certaines précautions ont été prises à l'issue d'une expérimentation conduite dans le but d'optimiser la mesure Trashcam.



### IV.1.1 Matériel et méthodes

L'hypothèse de travail de Trashcam a été vérifiée par l'examen visuel, sous fort éclairage et à l'aide d'une loupe, des impuretés prélevées dans des voiles de carde obtenus à partir d'une gamme de 19 cotons.

Divers paramètres de prise d'image ont ensuite été expérimentés sur des voiles d'une seule épaisseur (environ 6 g/m<sup>2</sup>). Le problème de saturation a été réglé sachant que cette dernière a lieu pour des masses surfaciques supérieures à 10 g/m<sup>2</sup>.

La résolution de l'image (nombre de pixels par mm) ainsi que les paramètres de contraste et de luminosité ont été optimisés. Enfin, un jeu de variables d'analyse d'image a été mis au point sur la dernière version de Trashcam (CATI-V5) afin de garantir une analyse précise.

L'optimisation du comptage a été conduite sur un jeu de dix cotons présentant une large gamme de contenus en SCF, 5 échantillons indépendants ont été prélevés pour chaque coton et enfin 2 voiles ont été testés par échantillon (10 voiles testés par coton). Les cotons ont également été testés selon la procédure de routine du laboratoire (sur des nappes de 4 voiles) afin de quantifier les améliorations apportées au protocole d'analyse.

Un comptage visuel des SCF, définis par la norme ASTM D2496-80 (ASTM, 1980), a été effectué sur les mêmes voiles pour servir de référence.

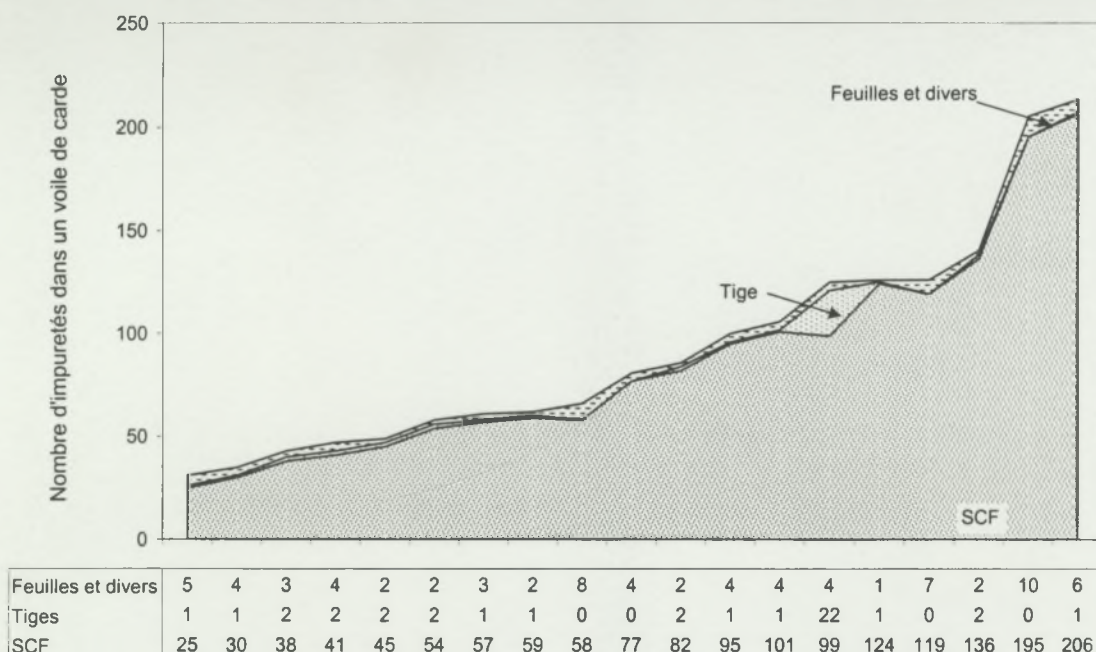
### IV.1.2 Résultats et discussion

#### IV.1.2.1 Hypothèse de base de Trashcam

Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, une expérimentation de reconnaissance visuelle a été réalisée sur les voiles de carde pour déterminer la proportion d'objets divers éventuellement détectés par Trashcam comme étant des SCF.

Nous avons défini, à priori, au cours de cette expérimentation 3 classes d'impuretés, à savoir : les SCF reconnaissables par les fibres ou les duvets qui leurs sont attachés, les débris de tiges et enfin les feuilles et autres impuretés diverses (ex. fibres colorées par des excréments d'insectes...). Les résultats obtenus sont représentés sous forme de séries empilées dans la *Figure IV-1*.

Les SCF ont représenté une moyenne de 92 % des impuretés demeurant dans la fibre après cardage. La proportion de débris de tiges varie entre 0 et 5 % pour la majorité des échantillons testés ; seul un coton montre une proportion relativement importante de débris de tiges (17%). Les particules de feuilles, et autres impuretés diverses, ont quant à elles représenté une moyenne de 5,5% des débris examinés.



**Figure IV-1 : Classification visuelle des diverses impuretés rencontrées dans le voile de carde (19 cotons classés par charge croissante en impuretés).**

Les résultats montrent qu'après ouvraison et cardage, la quantité de particules de feuilles (et autres impuretés diverses) est très faible par rapport à la quantité de SCF. À l'exception des deux cotons les moins chargés en SCF, la proportion de ces débris divers reste inférieure à 10%, sachant que la précision des proportions estimées dépend de l'effectif<sup>1</sup> des échantillons.

Ces proportions restent, bien entendu, valables pour la gamme de cotons testés. Il est fort probable que dans des cas extrêmes de cotons issus d'une récolte mécanique, sans opération de nettoyage, la présence de telles impuretés serait plus importante.

Concernant les débris de tiges, leur forme généralement allongée pourrait permettre à Trashcam de les identifier par un seuillage sur le rapport des dimensions  $dx/dy$  ainsi que sur le rapport surfacique (cf. § II.2.3.5.3). Nous avons donc exploité ces paramètres afin de vérifier la possibilité de réaliser un tel seuillage.

Les débris de tiges rencontrés au cours de cette expérimentation ont été isolés du reste des impuretés. Un paramétrage spécifique a été employé pour une analyse d'image des tiges et la détermination de leurs paramètres de forme sur la dernière version de Trashcam : CATI-V5 ou « *Countig Apparatus for Trash and impurities* » (cf. Figure IV-2). Une analyse d'image a également été réalisée sur les SCF, identifiés comme tels par l'examen visuel et isolés du reste des impuretés. Ces analyses ont été effectuées sur un échantillon de 140 SCF et sur la totalité des débris de tige que nous avons rencontrés (45 particules).

<sup>1</sup> Ces effectifs n'ont pas été fixés à l'avance étant dépendants de la charge en SCF (et autres impuretés) des voiles testés.



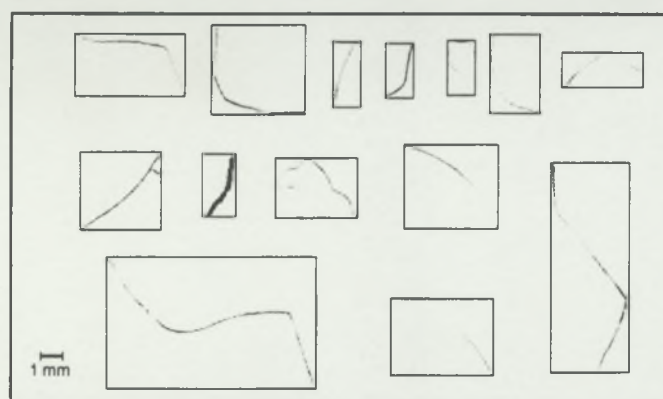


Figure IV-2 : Débris de tiges détectés et caractérisés sur CATI-V5.

À l'issue de ces analyses, nous avons comparé les distributions obtenues pour le rapport dimensionnel et le rapport surfacique dans le cas des SCF et des particules de tiges. Nous avons représenté ces comparaisons sous forme de « diagrammes en boîtes »<sup>1</sup> dans la Figure IV-3 pour le rapport surfacique et la Figure IV-4 pour le rapport dimensionnel. Notons que ces figures sont purement descriptives des distributions. Elles ne peuvent pas être utilisées comme test de comparaison formel étant donné la non-normalité de ces dernières.

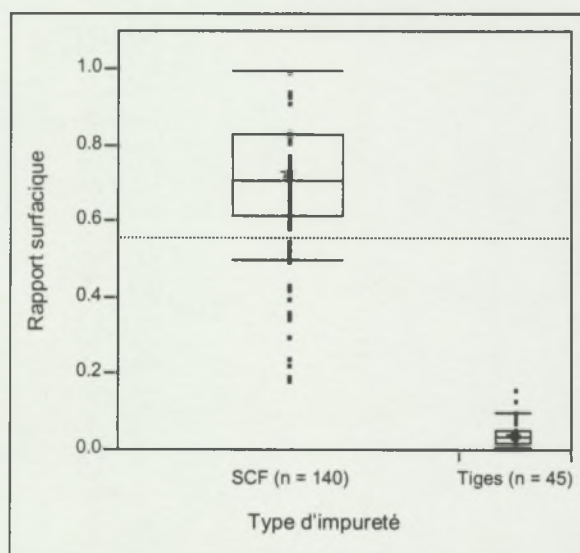


Figure IV-3 : Rapport surfacique selon le type d'impureté ( SCF et débris de tige).

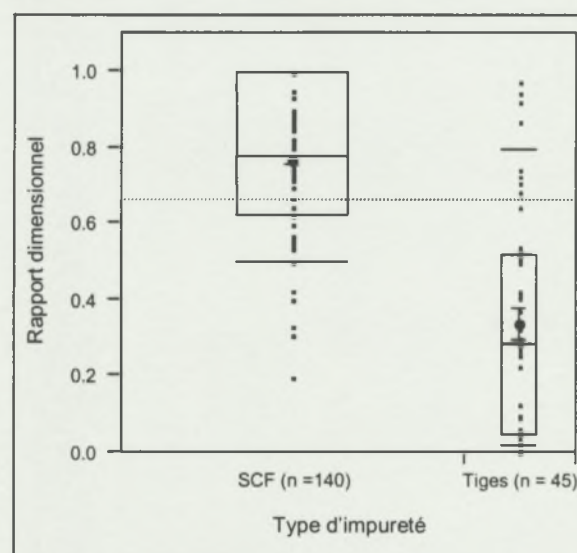


Figure IV-4 : Rapport dimensionnel selon le type d'impureté ( SCF et débris de tige).

<sup>1</sup> Représente schématiquement les principales caractéristiques d'une variable numérique en utilisant les quartiles. Également appelé « boîte à pattes » ou « boîte à moustaches » en référence aux lignes représentant les adjacentes inférieure et supérieure des distributions. En anglais : « Box Plot » (Chambers *et al.*, 1983; Saporta, 1990).

Le rapport surfacique apparaît nettement plus sélectif que le rapport dimensionnel en ce qui concerne les fragments de tige (*Figure IV-3*). En effet, dans le premier cas, les deux distributions s'étendent sur des gammes distinctes et aucun chevauchement n'est observé. En revanche, dans le cas du rapport dimensionnel, nous constatons un chevauchement entre la distribution obtenue pour les SCF et celle obtenue pour les tiges (*Figure IV-4*). Il existe cependant un décalage entre les deux distributions.

Il semble donc possible de se baser sur ces deux paramètres, principalement le rapport surfacique, pour exclure les tiges du comptage des SCF et pouvoir fournir de la sorte une classification des impuretés présentes dans le voile de carde. Nous allons donc fixer des seuils à appliquer sur les deux rapports afin de différencier les tiges du reste des impuretés. Pour ce faire, nous allons considérer les percentiles des distributions observées pour le rapport surfacique et le rapport dimensionnel dans le cas des SCF (*Tableau IV-1*).

**Tableau IV-1 : Moyennes et percentiles des distributions des rapports surfacique et dimensionnel dans le cas des SCF et des débris de tiges.**

	Rapport surfacique		Rapport dimensionnel	
	SCF	Tiges	SCF	Tiges
Valeur minimale	0,191	0,007	0,200	0,004
Quantile 2,5%	0,239	0,007	0,333	0,005
Quantile 10%	0,500	0,012	0,500	0,021
Quartile (25%)	0,619	0,021	0,625	0,051
Médiane (50%)	0,711	0,036	0,778	0,289
Quartile (75%)	0,833	0,056	1	0,521
Quantile 90%	1	0,099	1	0,794
Valeur maximale	1	0,161	1	0,974
Moyenne	0,723	0,0461	0,768	0,336

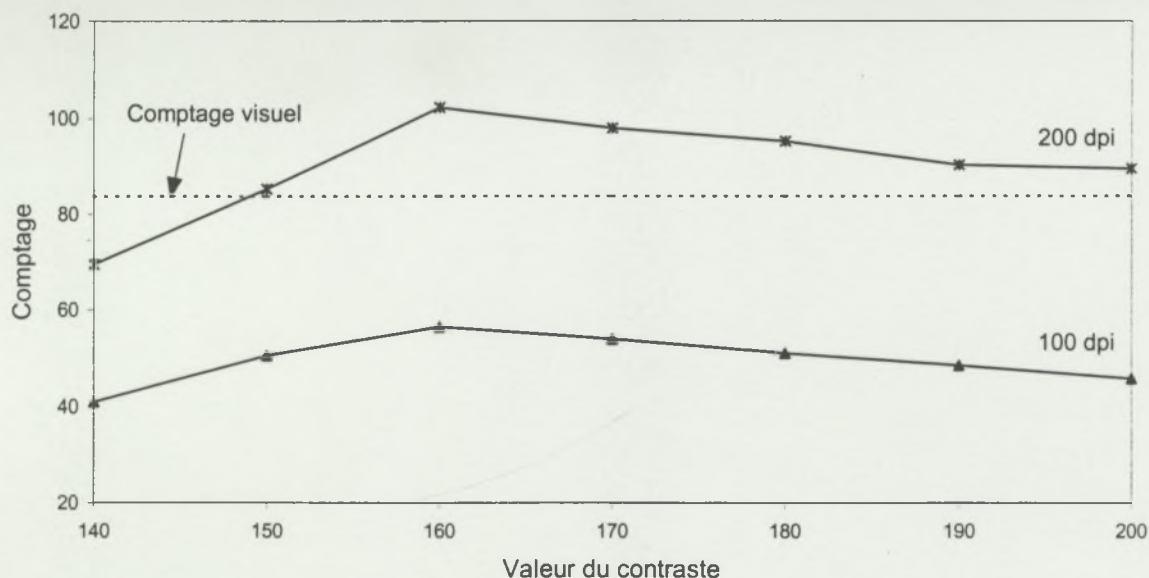
Afin de minimiser la probabilité de confondre des fragments de tiges avec des SCF, nous avons décidé de fixer les seuils des rapports surfacique et dimensionnel aux valeurs des quantiles 2,5% des distributions empiriques correspondantes obtenues pour les SCF. Ainsi, le choix s'est porté sur une valeur minimale de 0,25 pour le rapport surfacique et de 0,3 pour le rapport dimensionnel. Ces seuils ont été appliqués sur les analyses Trashcam réalisées dans la suite du présent travail.

#### IV.1.2.2 Optimisation du comptage

Le protocole d'analyse Trashcam, tel qu'il est utilisé en routine, préconise une capture d'image avec une résolution de 100 dpi (4 pixels par mm) et un contraste de 127 (Cirad-LTC, 1998a). En vue d'améliorer la qualité de l'image et de faciliter ainsi la reconnaissance des impuretés par l'algorithme d'analyse, nous avons testé différentes valeurs de ces deux paramètres. Une gamme de contraste a ensuite été sélectionnée pour réaliser les comparaisons des comptages Trashcam avec la méthode de référence (comptage visuel).

La *Figure IV-5* fait état de la variation typique du comptage Trashcam obtenu sur voile de carde à différents contrastes et avec des résolutions de 100 et de 200 dpi (points par pouce).





**Figure IV-5 : Effet de la résolution et du contraste de prise d'image sur le comptage Trashcam**

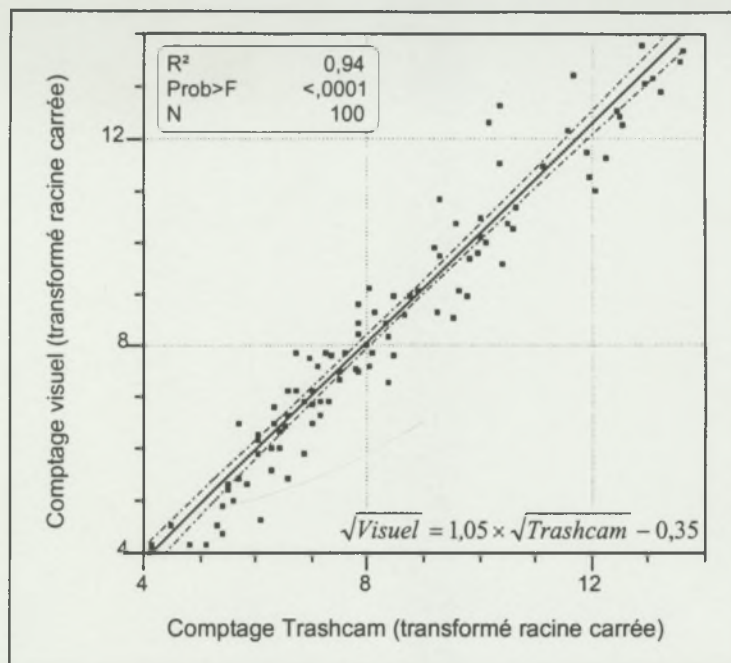
L'augmentation de la résolution permet la détection d'un plus grand nombre d'impuretés. Pour une résolution de 100 dpi, le comptage fourni par Trashcam reste en deçà du comptage visuel quel que soit le contraste utilisé. En revanche, en utilisant une résolution de 200 dpi et un contraste avoisinant 150, il devient possible de s'approcher du comptage visuel et de détecter de ce fait la totalité des SCF présents dans le voile. Pour des valeurs de contraste trop élevées, les fibres constituant le voile commencent à disparaître de l'image jusqu'à former des taches pouvant être incluses dans le comptage. C'est la raison pour laquelle on observe des résultats supérieurs au comptage visuel pour des contrastes supérieurs à 150.

Les résultats discutés ci-dessus ont été validés sur un plus grand nombre de voiles (cf. § IV.1.1). L'analyse d'image, avec les nouveaux paramètres, a été confrontée au comptage visuel.

La Figure IV-6 représente la relation entre le comptage par analyse d'image et le comptage visuel (transformés racine carrée). Des tests de comparaison des variances réalisés au préalable sur les comptages transformés (Tableau IV-2) montrent que l'hypothèse d'égalité des variances ne peut être rejetée au seuil  $\alpha=0,05$ .

**Tableau IV-2 : comparaison de variances des comptages visuels et par analyse d'image.**

Test	F Ratio	DDL Numérateur	DDL Dénominateur	Prob>F
O'Brien[.5]	1,0797	1	198	0,3000
Brown-Forsythe	0,6046	1	198	0,4377
Levene	0,6479	1	198	0,4218



**Figure IV-6 : Relation entre les comptages visuel et par analyse d'image des SCF sur voile de carde**

La corrélation entre les deux comptages est très hautement significative. Le tableau d'estimation des paramètres de régression (*Tableau IV-3*) représente une ordonnée à l'origine non différente de 0 et une pente non différente de 1 à un niveau de confiance de 5%.

**Tableau IV-3 : Estimation et niveau de signification des paramètres de régression linéaire (comptage visuel vs. Analyse d'image sur voile de carde, transformés racine carrée)**

Terme	Estimation	T Ratio	Prob> t	Limite inférieure 95%	Limite inférieure 95%
Origine	-0,3502	-1,46	0,1472	-0,8259	0,1255
Pente	1,0527	37,97	<0,0001	0,9977	1,1077

Un test de comparaison d'observations appariées appliqué sur les résultats des deux comptages (transformés racine carrée) est représenté au *Tableau IV-4* et montre que la différence entre les niveaux des deux jeux de données est non significative.

**Tableau IV-4 : Test de comparaison par observations appariées, comptage visuel et par analyse d'image.**

Paired t-Test			
Comptage Trashcam – Comptage visuel (Transformés racine carrée)			
Différence moyenne	-0,08752	Prob >  t	0,1953
Erreur Std	0,067127	Prob > t	0,9023
t-Ratio	-1,30386	Prob < t	0,0977
DDL	99		

Les résultats obtenus avec les nouveaux paramètres de capture et d'analyse d'image ont été comparés à ceux fournis par le protocole de routine de Trashcam (*Figure IV-7*). La relation entre les deux analyses ainsi que la différence des niveaux de comptages ont été examinées.



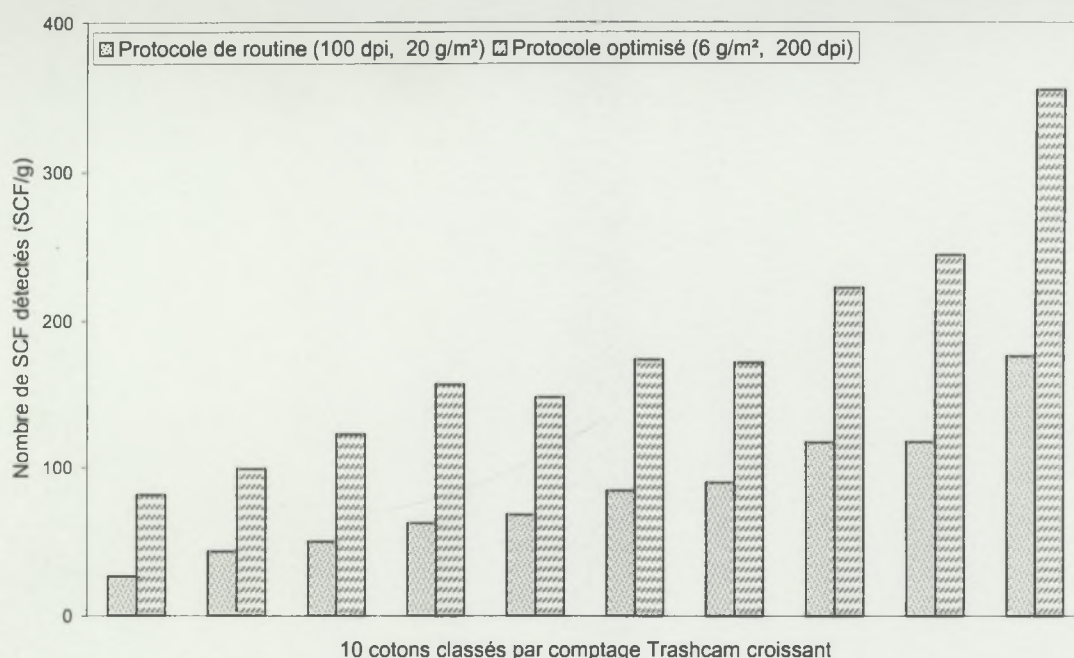


Figure IV-7 : Comparaison des moyennes des comptages Trashcam

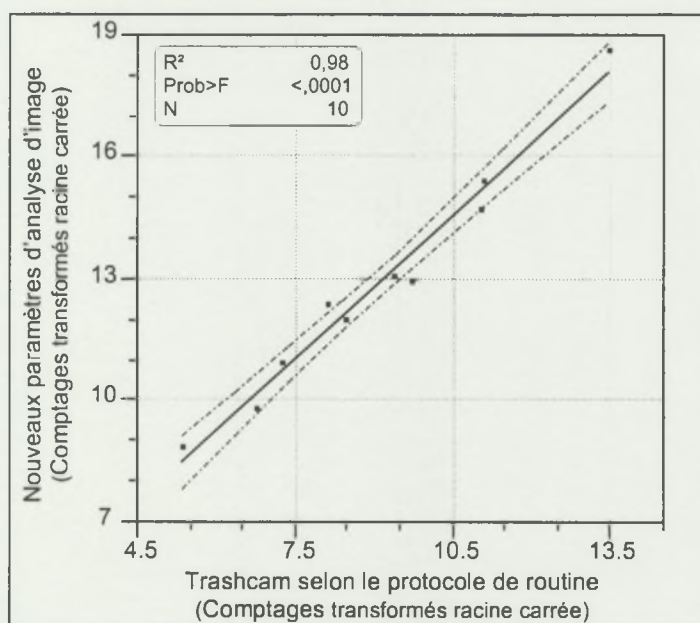


Figure IV-8 : Relation entre les comptages Trashcam obtenus avec différents paramètres d'analyse.

Les nouveaux paramètres utilisés pour l'analyse Trashcam ont permis la détection d'un plus grand nombre de SCF présents dans la fibre. Cette différence de comptage illustre, notamment, l'effet du phénomène de saturation dû à la masse surfacique des voiles testés.

Toutefois, nous pouvons constater sur la Figure IV-8 que la relation entre les deux analyses est très hautement significative. Le protocole de routine reste donc effectif dans la détermination d'un potentiel de charge en SCF et la discrimination entre variétés à faible ou à forte teneur en SCF à des fins de classification ou d'amélioration variétale.

Concernant la mesure de la taille, nous ne disposons pas de méthode de référence pour valider les résultats obtenus par analyse d'image. Ceci dit, l'analyse Trashcam a également été optimisée pour fournir une mesure de la taille de bonne précision. En effet, avec des voiles aussi peu épais, les SCF ont beaucoup moins de chance d'être noyés dans les fibres et par conséquent la mesure de leur surface sera plus précise. D'autre part, les paramètres retenus pour la capture de l'image permettent d'avoir une bonne résolution (200 dpi ou 8 pixels par mm) ce qui augmente également la précision de la mesure de la surface (Giner, 1998).

La distribution de la taille des SCF dans un voile de fibres fera l'objet d'une discussion plus développée dans le chapitre qui va suivre (*cf.* § V.5.3.1).

## IV.2 MESURE DE LA QUANTITE DE FIBRES ATTACHEES AUX SCF

D'après Artzt *et al.* (1995), il existe une différence considérable dans le comportement des impuretés du coton pendant le processus d'épuration. Selon la nature des impuretés qu'il contient, un coton présentera une aptitude à l'épuration plus ou moins importante. Les SCF sont, comme précédemment mentionné (*cf.* § II.2.4.1), les impuretés les plus difficiles à éliminer de la fibre. Leur spécificité réside dans la présence de fibres qui y restent attachées après arrachement ou fragmentation des graines pendant l'égrenage et les opérations suivantes. Ces fibres peuvent être plus ou moins longues et peuvent varier du duvet (extrêmement court) jusqu'à des fibres de longueur très importante. La difficulté d'élimination des SCF par les opérations de nettoyage du coton a toujours été expliquée par la présence de ces fibres (Bargerion et Garner, 1988a; Frey et Schneider, 1989; Baldwin *et al.*, 1995).

Considérer uniquement la taille du fragment de coque, sans regard aux fibres qui y sont attachées, conduirait à une caractérisation partielle de ces impuretés. Il est en effet vraisemblable que la nature du défaut provoqué par un SCF dans le fil puisse dépendre d'un certain nombre de facteurs, parmi lesquels figurent la taille du fragment, mais aussi la quantité de fibres qui y sont attachées. En effet, un SCF couvert de duvet ou de fibres très courtes, pourrait ne pas réagir de la même façon qu'un autre possédant des fibres longues.

Il nous semble donc nécessaire d'étudier la quantité de fibres attachées aux SCF afin de déterminer le rôle joué par ce paramètre dans l'aptitude des cotons au nettoyage et éventuellement dans la perturbation occasionnée par ces impuretés dans le fil. Pour ce faire, nous avons entrepris la mise au point d'une méthodologie afin de pouvoir quantifier ce paramètre.

### IV.2.1 Matériel et méthode

Compte tenu de la taille des particules à caractériser et de la complexité que présenterait la mesure manuelle et visuelle (sous loupe) de la quantité de fibres attachées, nous avons envisagé une mesure plus objective fondée sur l'analyse d'image. En effet, dans une telle procédure, le rôle de l'opérateur se résumerait à prélever les SCF et à les préparer sous une forme permettant une prise d'images sur le scanner. Les images doivent être



acquises de manière à mettre en évidence les fibres attachées aux SCF, dont la quantification peut ensuite être prise en charge par un logiciel d'analyse adéquat.

La mise au point de la méthode s'est déroulée en plusieurs étapes au cours desquelles différentes conditions ont été testées. La première étape avait pour objectif l'obtention d'échantillons représentatifs des SCF pouvant être rencontrés dans le voile de carte et leur préparation de manière à permettre la prise d'images. La seconde étape concerne les conditions de prise d'image et les traitements nécessaires pour les rendre propices à l'analyse du paramètre à quantifier. Le choix de la méthode de référence, de l'algorithme d'analyse et la validation des résultats obtenus ont enfin constitué la dernière étape à franchir.

#### IV.2.1.1 Prélèvement, conditionnement des échantillons

Les premiers essais, réalisés sur des SCF isolés de la fibre, ont montré l'extrême difficulté de placer directement les particules à tester sur l'organe de prise d'image. En effet, aucun contrôle de la disposition et de l'entremêlement des fibres attachées n'a été possible dans ces conditions. D'autre part, il était quasiment impossible de conserver tous les SCF disposés sur la fenêtre de prise d'image du scanner à cause de la volatilité de ces particules.

Suite à ces essais, nous avons envisagé de figer les SCF à tester sur un support permettant le démêlage préalable des fibres attachées et la conservation des spécimens après capture d'image. Plusieurs supports et méthodes de fixation ont donc été testés. Le choix s'est porté sur un support transparent adhésif qui a permis la prise d'images sur le scanner. Des précautions ont été prises pour disposer les SCF sur le support de manière à ce que les fibres qui leurs sont attachées soient étalées et qu'elles se superposent le moins possible. Des pinces brucelles et une loupe éclairante ont été utilisées pour la préparation des échantillons.

Le prélèvement des particules doit être fait dans le souci de l'obtention d'échantillons représentatifs de la population de SCF présents dans chaque coton. Dès lors, pour l'application de cette méthode sur la gamme de cotons étudiée dans le présent travail, nous avons prélevé la totalité des SCF présents dans les voiles de carte récupérés pendant le processus de filature (*cf.* § V.3). Ainsi, nous avons évité les biais d'échantillonnage qui seraient dus à la tendance que peut avoir l'opérateur à ne prélever que les SCF de grande taille et à laisser les petits dans le voile.

Afin de disposer d'une méthode de référence permettant de juger de la pertinence de l'analyse effectuée, les SCF ont fait l'objet d'une classification visuelle au cours du prélèvement. Trois classes ont été définies compte tenu de la longueur des fibres attachées :

- ✓ A : fragments nus ou duvets, de longueur approximative  $< 5$  mm,
- ✓ B : fragments avec fibres courtes, de longueur approximative de 5 à 20 mm,
- ✓ C : fragments avec fibres longues, de longueur approximative  $> 20$  mm.

#### IV.2.1.2 Capture des images

Une fois les supports adhésifs préparés, des prises d'images ont été effectuées au scanner à différents réglages de résolution, de contraste et de luminosité. Des images sur un fond noir uniforme ont été prises pour permettre la mise en évidence des fibres. Des images sur fond blanc ont ensuite été capturées pour permettre la mesure de la taille du fragment sombre. Le même fond a été utilisé pour toutes les images, les paramètres suivants ont été fixés pour la prise d'images sur fond noir et la mesure de la longueur des fibres:

- ✓ Image en noir et blanc affiné (256 niveaux de gris),
- ✓ Résolution : 400 dpi (environ 16 pixels / mm),
- ✓ Contraste : 125,
- ✓ Luminosité : 125.

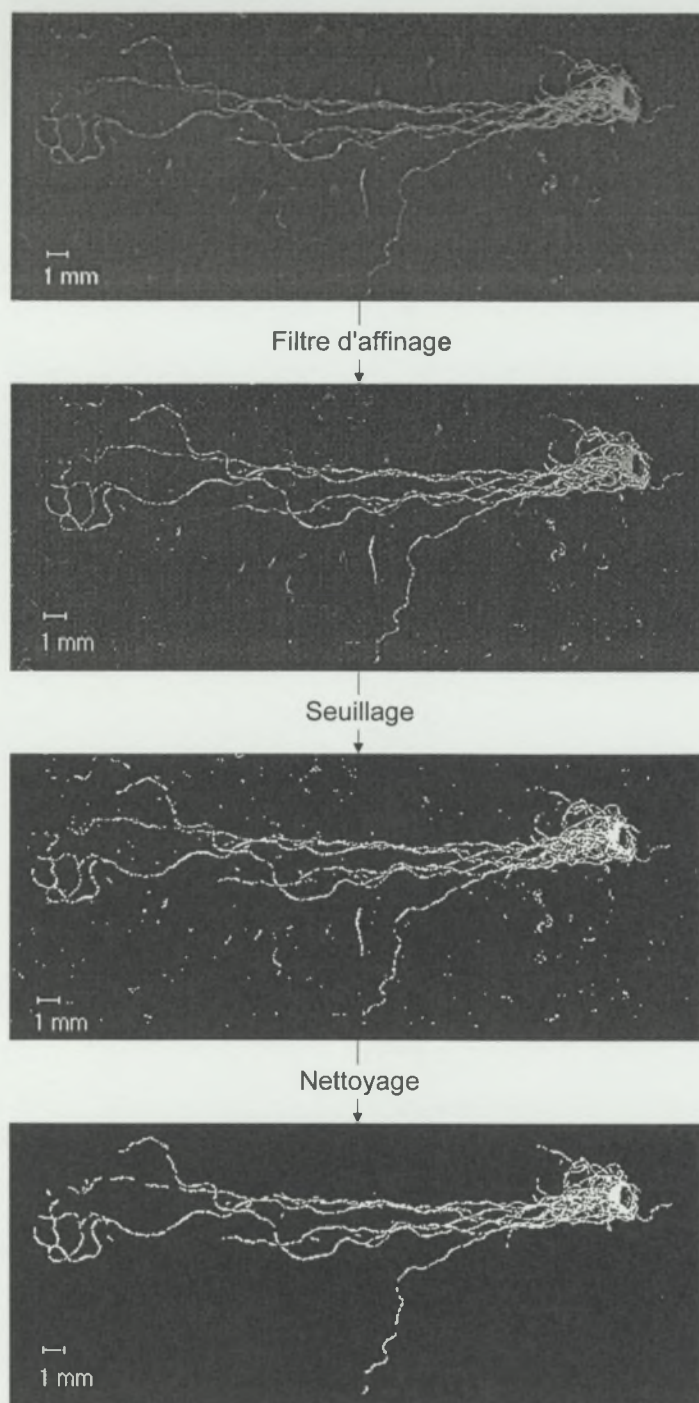
#### IV.2.1.3 Traitement des images

Afin de réaliser une analyse d'image avec un minimum de biais dû aux éventuelles poussières et irrégularités du fond, plusieurs opérations de préparation ont été effectuées. Toutes les images analysées ont subi la même préparation en trois étapes :

- Application d'un filtre d'affinage ou de « rehaussement » de l'image : permettant d'accentuer le relief et le contraste des fibres sur le fond noir.
- Opération de « seuillage » : permet l'obtention d'une image binaire (2 niveaux de couleurs : noir et blanc) à partir d'une image en 256 niveaux de gris. Un seuil de niveau de gris est fixé pour différencier le fond et les fibres. Les pixels d'un niveau supérieur au seuil (ceux appartenant aux fibres) sont amenés au niveau du blanc (255), ceux d'un niveau inférieur sont attachés au fond noir (niveau 0). L'un des avantages de cette opération est d'uniformiser tous les pixels appartenant aux fibres de tous les cotons de telle sorte que la couleur du coton ne présente pas d'inconvénient lors de l'analyse de l'image. Un seuil a été déterminé pendant la mise au point de la méthode sur plusieurs images. Le même seuil a été appliqué à toutes les analyses.
- Opération de nettoyage : permet de supprimer les impuretés ou parasites (poussières) se trouvant sur l'image. Elle est réalisée par le rattachement des objets blancs de petite taille et isolés de la structure à mesurer au fond noir de l'image.

Nous avons représenté sur la *Figure IV-9* la transformation subie par l'image d'un SCF (pris comme exemple) au cours de ces opérations de préparation.





**Figure IV-9 : Préparation d'une image pour la mesure de la quantité de fibres attachées aux SCF.**

#### IV.2.1.4 Analyse d'image

Un algorithme d'analyse d'image (Analyra), développé au Cirad et prévu pour la mesure de la longueur des racines (Cirad, 1996), a été utilisé pour la mesure de la longueur de fibres attachées aux SCF. L'analyse d'image par Analyra fournit une mesure de la surface couverte par les fibres (pixels blancs), ainsi qu'une mesure de la longueur totale des fibres présentes sur l'image. Cette mesure de la longueur peut être effectuée selon 2 méthodes :

- La squelettisation : procédé classique fréquemment utilisé en analyse d'image. Il consiste à ronger chaque élément de l'image jusqu'à n'en garder que sa ligne médiane constituée par une succession linéaire de pixels. La mesure de la longueur se fait alors par le comptage des pixels constituant le squelette des fibres, sachant que la taille d'un pixel est déduite à partir de la résolution de l'image (nombre de pixels par mm).
- La méthode de Newman : consiste à former une grille sur l'image ; les points d'intersection entre les fibres (ou les racines) à mesurer et les lignes de la grille sont ensuite dénombrés. La longueur est déduite à partir du nombre de ces points d'intersections, de la longueur totale des lignes du quadrillage et des dimensions en mm de l'image. Le calcul par cette méthode est beaucoup plus rapide mais en théorie moins précis que celui par squelettisation (Cirad, 1996).

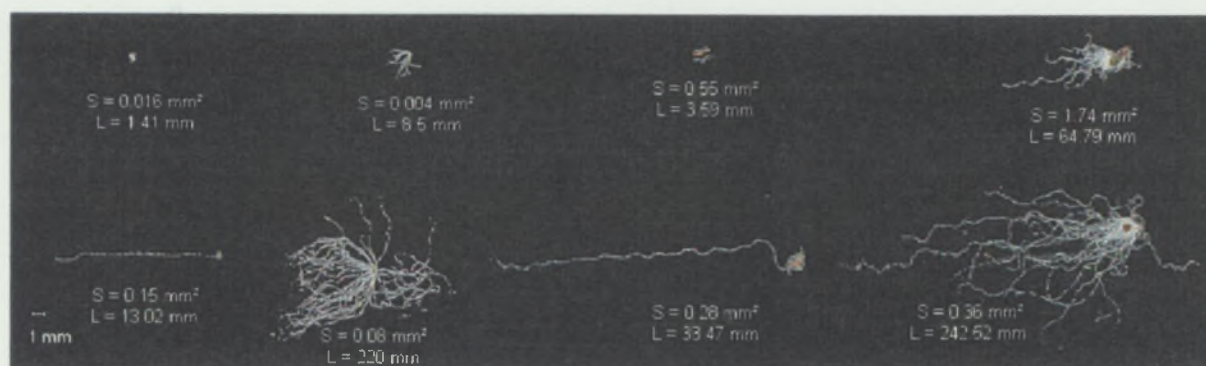
## IV.2.2 Résultats

### IV.2.2.1 Types de SCF rencontrés

Avant de procéder à la quantification de la longueur de fibres attachées aux SCF, nous pouvons dresser une classification qualitative suivant 3 critères : la taille du fragment, la densité ou le nombre de fibres attachées et la longueur de ces fibres.

Les résultats obtenus après caractérisation des SCF prélevés dans des voiles de carde montrent une grande diversité de formes, de tailles et de quantité de fibres attachées. Cette diversité est de nature à favoriser un comportement différent des SCF, selon leurs caractéristiques, au cours de la filature et donc un effet variable sur la structure et la qualité du fil produit.

Nous avons représenté sur la *Figure IV-10* des exemples des différents types de SCF rencontrés dans le voile de carde.



**Figure IV-10 : Exemples des divers types de SCF rencontrés dans le voile de carde au cours des expérimentations.**

Pour chaque SCF représenté sur la *Figure IV-10*, la taille du fragment de coque estimée par sa surface (S en mm² selon la mesure Trashcam) et la longueur totale des fibres attachées (L en mm) sont indiquées. Ces mesures montrent qu'un SCF de petite taille peut



avoir plus de fibres (en terme de longueur totale) qu'un autre de taille beaucoup plus importante. La quantité de fibres attachées serait donc indépendante de la taille du débris, ou du moins d'autres facteurs liés aux propriétés des graines et des fibres auraient une influence sur cette caractéristique. La corrélation entre les deux paramètres S et L sera étudiée par la suite (cf. § IV.2.2.3).

#### IV.2.2.2 Résultats quantitatifs, relation entre les résultats de l'analyse d'image et la classification visuelle :

Ne disposant pas d'une méthode quantitative de référence pouvant être utilisée pour valider les résultats obtenus à l'issue de notre analyse, nous nous sommes basé sur la classification visuelle réalisée pendant la préparation des échantillons (cf. § IV.2.1.1).

La *Figure IV-11* représente les distributions comparées de longueur totale de fibres attachées obtenues sur les SCF individuels pour chacune des trois classes déterminées visuellement au cours du prélèvement. Un test de comparaison de Tukey-Kramer<sup>1</sup> a été réalisé sur le jeu de données afin de vérifier l'aptitude de la mesure Analyra à discriminer les trois classes de quantité de fibres attachées.

Des classes de longueur de fibres attachées ont également été constituées à partir des résultats quantitatifs de la mesure par analyse d'image. Les effectifs des deux classes extrêmes ( $L < 5$  mm et  $L > 20$  mm) ont ensuite été comparés à ceux des classes A et C obtenus visuellement sur dix échantillons (*Figure IV-12*, *Figure IV-13*).

Ces comparaisons devraient permettre de juger de la pertinence des résultats quantitatifs obtenus. Il est toutefois nécessaire de retenir que la classification visuelle peut être sujette à des considérations subjectives.

Bien que les distributions obtenues se chevauchent, la mesure Analyra de la quantité de fibres attachées a permis une distinction significative entre les trois classes déterminées visuellement (*Figure IV-11*). Les chevauchements concernent les données extrêmes situées en dehors des adjacentes inférieure et supérieure des distributions<sup>2</sup>. Il s'agit donc d'une faible proportion des individus testés. Ces chevauchements sont probablement dus au fait qu'une classification visuelle ne permet pas une discrimination nette entre deux classes adjacentes. En effet, des individus se situant aux limites des classes peuvent être difficiles à attacher à un groupe ou à un autre.

Notons que l'hypothèse de normalité des distributions est nécessaire pour l'utilisation du test de Tukey-Kramer. Néanmoins, nous en avons fait l'usage au vu du grand nombre d'observations (environ 350 par groupe) et de l'écart remarqué entre les distributions.

---

<sup>1</sup> Test de comparaison multiple de moyennes. Fondé sur le principe de la Plus Petite Différence Significative (PPDS, *Least Significant Difference*).

<sup>2</sup> Indicateurs de dispersion d'une distribution, calculées à partir des quartiles et de l'intervalle inter-quartile (Saporta, 1990).

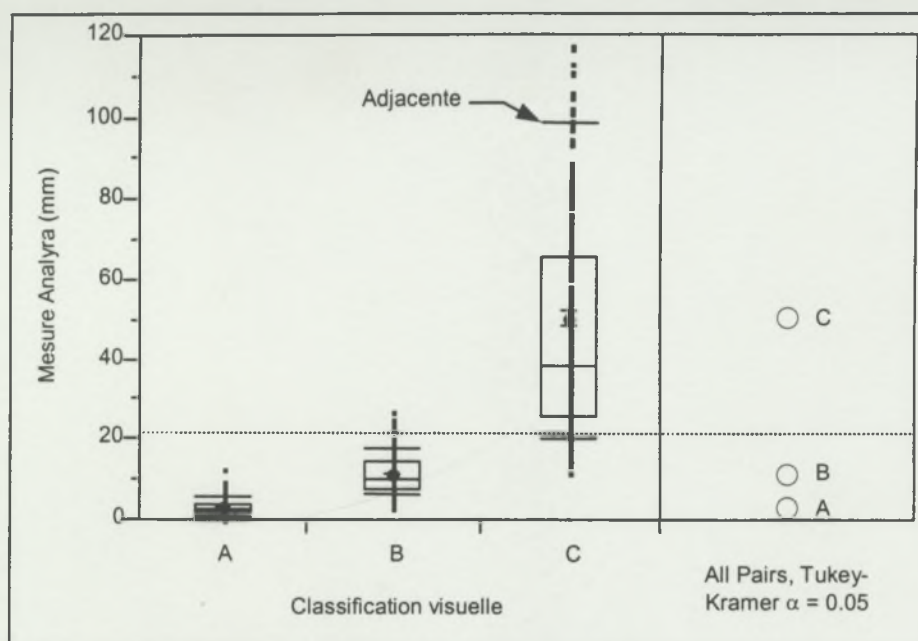


Figure IV-11 : Relation entre la classification visuelle des SCF (3 classes de quantité de fibres attachées) et les résultats de la quantification par Analyra.

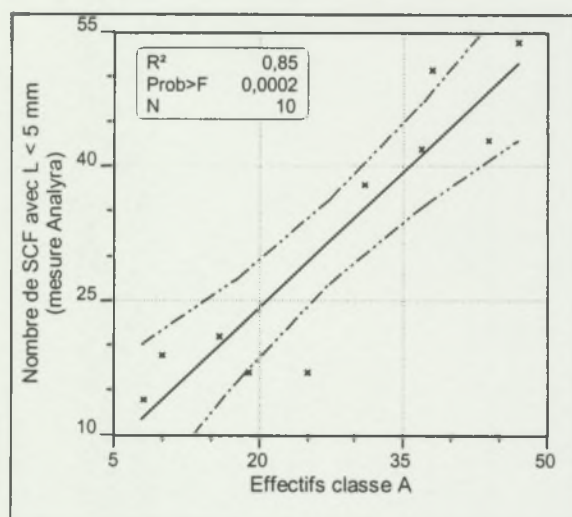


Figure IV-12 : Relation entre les effectifs des classes de longueur de fibres attachées aux SCF obtenus par Analyra et par classification visuelle ( $L < 5$  mm vs. Classe A).

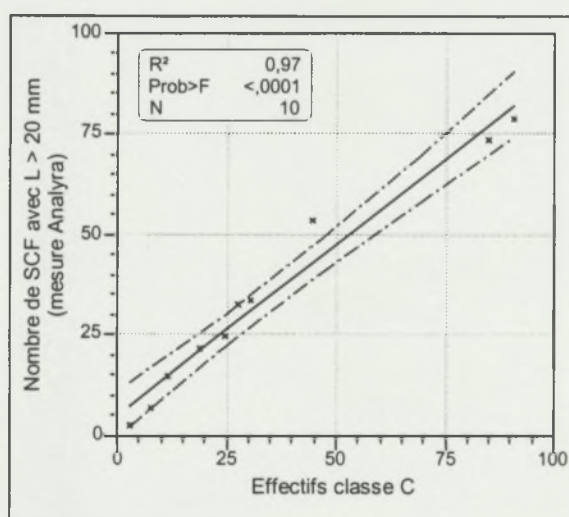


Figure IV-13 : Relation entre les effectifs des classes de longueur de fibres attachées aux SCF obtenus par Analyra et par classification visuelle ( $L > 20$  mm vs. Classe C).

Les corrélations très hautement significatives entre les effectifs des classes déterminées par la mesure Analyra d'une part, et ceux obtenus par la classification visuelle d'autre part (Figures IV-12 et IV-13), confirment la bonne concordance entre les deux méthodes et par conséquent, la pertinence des résultats Analyra.



#### IV.2.2.3 Relation entre la taille du fragment de coque et la quantité de fibres qu'il porte

La Figure IV-14 représente la relation entre la taille (surface en mm<sup>2</sup>) de 139 fragments individuels et la longueur des fibres qui leurs sont attachées (mm). Les données individuelles de surface ainsi que de longueur de fibres attachées ont été transformées logarithme (cf. § V.5.3.1).

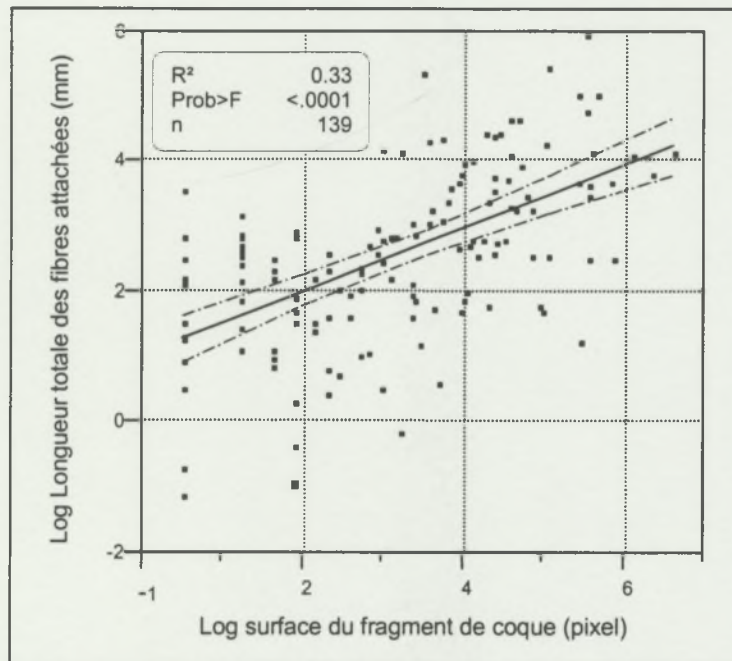


Figure IV-14 : Relation entre la quantité de fibres attachées et la taille du fragment de coque (transformée Logarithme)

La régression obtenue est très hautement significative ( $p < 0.0001$ ). Cependant, nous pouvons constater que pour une même taille de fragment de coque (surface en mm<sup>2</sup>), la quantité de fibres attachées peut varier considérablement ce qui peut expliquer le faible coefficient de détermination obtenu ( $R^2 = 0.33$ ) qui reste tout de même très hautement significatif grâce au très grand nombre d'observations ( $n = 139$ ).

Ce résultat montre que bien qu'il existe une tendance des gros SCF à avoir plus de fibres attachées, la taille du fragment n'est pas le seul facteur déterminant. En effet pour une taille donnée du fragment, la variabilité de la longueur de fibres attachées est tellement élevée qu'il est impossible d'affirmer qu'un gros SCF porte nécessairement plus de fibres attachées qu'un petit. Cette relation entre la taille des SCF et la quantité de fibres qu'ils portent corrobore les constations faites au § IV.2.2.1.

### IV.3 IDENTIFICATION ET COMPTAGE DES SCF SUR FIL PAR ANALYSE D'IMAGE

Comme précédemment mentionné, le nombre de SCF sur fil est habituellement déterminé au Cirad sur régularimètre de type capacitif par analyse détaillée de la nepposité du fil (cf. § II.2.3.4.2). Nous avons montré au précédent chapitre que cette analyse dénombre exclusivement les SCF ayant provoqué des défauts détectables sur le fil avec des seuils de sensibilité donnés (cf. § III.2.4). Elle ne permet donc pas de prendre en compte la totalité des SCF présents dans le fil. De plus, elle nécessite l'examen visuel des défauts, ce qui représente un travail long et fastidieux. Nous avons donc été confrontés à la nécessité de trouver une autre méthode susceptible de fournir une caractérisation plus complète des SCF du fil.

En 1989, Frydrych s'est inspiré du principe des plaquettes noires, utilisées pour juger l'aspect du fil, et proposa une nouvelle méthode de comptage des SCF sur le fil (Frydrych et Gutknecht, 1989; Frydrych, 1992b). Elle consiste à enrouler le fil sur une plaquette blanche. Un comptage visuel des points noirs visibles sur le fond blanc est ensuite effectué sur les photocopies de ces plaquettes. L'auteur montre l'existence d'une bonne corrélation entre les résultats obtenus par cette méthode et ceux issus de l'analyse capacitive du fil. Il souligne d'autre part la possibilité d'automatiser ces comptages visuels en utilisant l'analyse d'image. Nous avons donc exploité cette possibilité, en nous appuyant sur l'algorithme de Trashcam.

Les premiers essais réalisés pour la mise au point de cette méthode ont mis en évidence divers paramètres à considérer pour arriver à une détection optimale des SCF du fil par Trashcam :

- ✓ Les caractéristiques des plaquettes servant de fond d'image,
- ✓ La couleur du coton (réflectance :  $R_d\%$  et degré de jaune :  $+b$  ; cf. § I.3.21),
- ✓ Les conditions de prise d'image : résolution et contraste,
- ✓ Les variables d'analyse régissant l'algorithme.

Nous avons examiné chacun de ces paramètres sachant que les valeurs optimales des uns dépendent de celles des autres.

#### IV.3.1 Matériel et méthodes

Le fil est enroulé autour d'une plaquette blanche qui va servir de fond pour la capture d'image sur scanner. Le choix des plaquettes support est donc très important pour la qualité de l'image et par conséquent pour le comptage réalisé par l'algorithme. Plusieurs types de plaquettes ont donc été expérimentés. Les plaquettes support utilisées ont été testées sur spectrophotomètre pour détecter l'éventuelle présence d'azurant optique pouvant éblouir le capteur du scanner.

Pour la mise au point de la méthode (choix des plaquettes support et des différents paramètres de Trashcam), trois cotons bien dispersés sur le diagramme de la couleur (ASTM, 1982) ont été testés après filature en RS 20 tex :



- ✓ coton 1 :  $Rd\% = 80,2$  ;  $+b = 7,4$  (coton blanc et brillant),
- ✓ coton 2 :  $Rd\% = 64,4$  ;  $+b = 9,4$  (coton terne),
- ✓ coton 3 :  $Rd\% = 73,7$  ;  $+b = 12$  (coton jaune).

Les échantillons décrits ci-dessus ont été sélectionnés dans une base de données<sup>1</sup> regroupant toutes les analyses réalisées depuis 1994 au Laboratoire de Technologie Cotonnière du Cirad. Ils représentent les valeurs colorimétriques les plus extrêmes que nous avons pu trouver dans cette gamme, pour des cotons moyenne soie.

Un tel choix nous a permis de tenir compte de l'éventuelle interaction qui peut exister entre la couleur du coton et la qualité de l'image acquise au scanner. D'après les statistiques de l'USDA (U.S.D.A., 1996), les caractéristiques colorimétriques des échantillons que nous avons sélectionné limitent une gamme représentant plus de 98% de la production américaine des cotons moyenne et courte soie en 1995. Pour les cotons ayant des paramètres de couleur situés en dehors de ces limites (moins de 2%), les paramétrages pourraient nécessiter certaines modifications.

Les premiers tests ont montré que pour réaliser une analyse correcte sur les plaquettes de fil, il est nécessaire de prendre des images sur lesquelles seuls les SCF apparaissent. En effet, l'apparition des ombres du fil sur l'image donne des comptages nettement supérieurs au nombre réel de SCF sur la plaquette. Le contraste de prise d'image doit donc être suffisamment élevé pour faire disparaître ces ombres. Cependant un contraste trop élevé pourrait aussi faire disparaître des SCF de l'image. La valeur optimale du contraste dépend de la résolution, de la couleur des plaquettes support (fond de l'image) et de la couleur du coton.

Les paramètres de l'algorithme d'analyse d'image, qui met en évidence les SCF sur l'image pour les compter, ont aussi été optimisés pour permettre l'utilisation de Trashcam sur plaquettes de fil. Tous les paramètres étudiés ont été ajustés en fonction de la méthode de référence qui consiste en deux comptages visuels par plaquette de fil, comptages effectués dans les conditions suivantes :

- ✓ Même éclairage de la plaquette de fil pour tous les comptages,
- ✓ Une plaque transparente quadrillée a été appliquée contre les plaquettes de fil afin de faciliter le repérage des SCF et de fixer le fil contre la plaquette,
- ✓ Tous les SCF perceptibles à une distance d'environ 20 cm ont été pris en compte.

Une fois les paramètres de capture et d'analyse d'image fixés, la méthodologie a été validée sur des filés RS et OE 20 tex issus d'un plus grand nombre de cotons et représentant une gamme étendue de teneur en SCF. Les comptages Trashcam obtenus sur plaquettes de fil ont été étalonnés par des comptages visuels réalisés sur les mêmes plaquettes. Les résultats ont ensuite été comparés à ceux de l'analyse détaillée effectuée sur régularimètre capacitif (UT3).

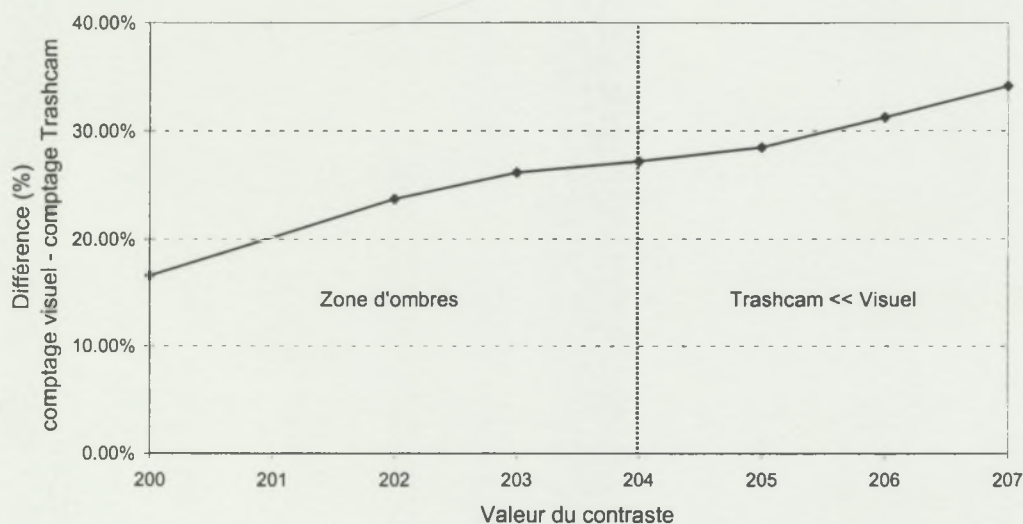
---

<sup>1</sup> *SISTER* : Système d'Information pour le Stockage et l'Évaluation des Résultats (Gourlot *et al.*, 1995b; Giner, 2000).

### IV.3.2 Résultats et discussion

#### IV.3.2.1 Conditions d'analyse

Les premiers essais ont été effectués avec une résolution de 100 dpi. Plusieurs types de plaquettes ont été testés avec cette résolution et ont donné des résultats analogues. En effet, la forme de la courbe de variation de la différence entre le comptage visual et Trashcam reste identique. La *Figure IV-15* fait état de la variation typique de la différence (%) entre un comptage Trashcam effectué en 100 dpi à différents contrastes et le comptage visual obtenu sur la même plaquette.



**Figure IV-15 : Différence (%) entre le comptage visual et le comptage Trashcam en 100 dpi et à différents contrastes de prise d'image.**

Pour le type de plaquette représenté (*Figure IV-15*), les ombres du fil disparaissent de l'image à partir d'un contraste de 204. À partir de cette valeur, la différence entre le comptage visual et Trashcam devient supérieure à 25%.

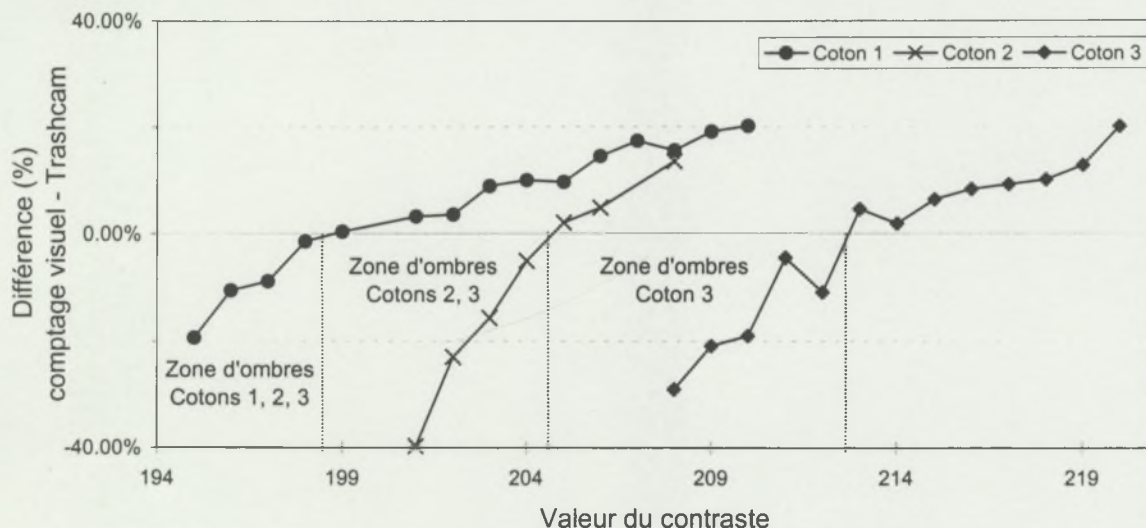
Aucun jeu de paramètres n'a permis de diminuer cette différence en maintenant la résolution à 100 dpi. La résolution a donc été fixée à 200 dpi, une résolution de 100 dpi étant insuffisante pour atteindre des niveaux de comptage comparables au comptage visual.

Plusieurs types de plaquettes support (différentes matières, couleurs, brillance...) ont ensuite été testés avec une résolution de 200 dpi. Le contraste de prise d'image ainsi que le paramétrage de l'algorithme ont été étudiés pour chaque configuration.

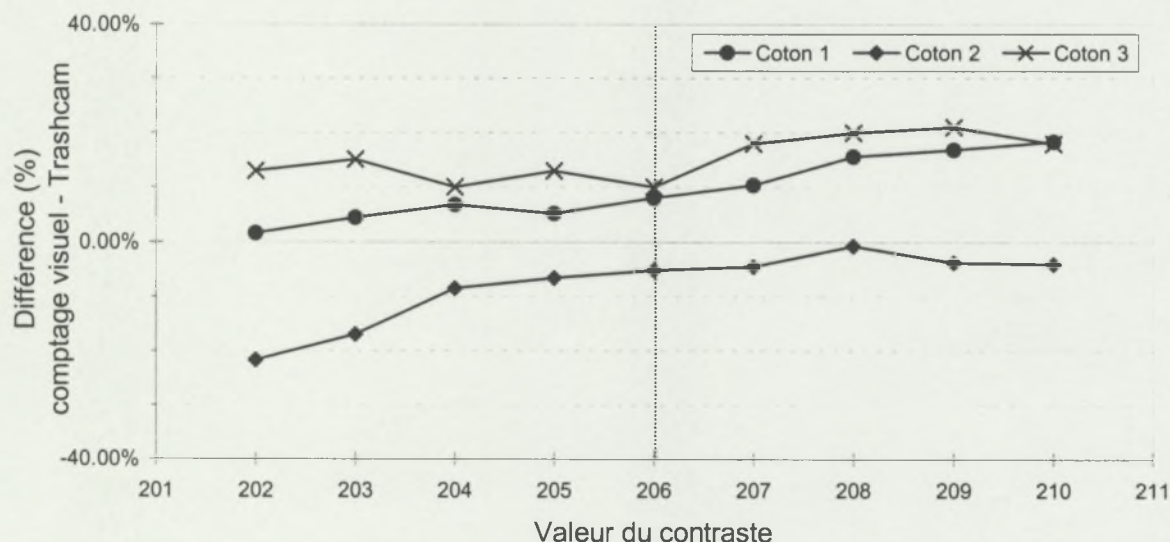
Au cours de ces expérimentations, nous avons constaté que selon le type de plaquettes, le comptage Trashcam était plus ou moins sensible à la variation de la couleur du coton. C'est à dire que pour certaines plaquettes, la valeur optimale du contraste n'est pas la même pour des cotons de couleur différente. Nous avons représenté sur la *Figure IV-16* la différence entre le comptage visual et Trashcam pour les trois cotons sélectionnés (cf. § IV.3.1) et pour un type de plaquettes que nous allons noter « type1 ».



Les résultats obtenus pour le type de plaquettes sélectionné à l'issue de cette étude sont représentés dans la *Figure IV-17* rapportant la variation de la différence entre le comptage visuel et Trashcam pour une gamme de contraste allant de 202 à 210.



**Figure IV-16 : Variation de la différence entre le comptage visuel et Trashcam pour trois cotons de couleur différente (plaquettes type1).**



**Figure IV-17 : Variation de la différence entre le comptage visuel et Trashcam pour trois cotons de couleur différente (plaquettes sélectionnées).**

Pour les plaquettes du type 1, les ombres du fil disparaissent à des contrastes différents selon la couleur du coton (*Figure IV-16*). Nous pouvons constater que pour le coton le plus jaune (coton 3) cette limite est atteinte pour un contraste plus élevé que dans le cas du coton blanc et brillant (coton 1). Dans ces conditions, il devient difficile de trouver un paramétrage commun pouvant garantir l'absence d'ombres dans le cas des cotons jaunes mais n'entraînant pas une perte de quantification des SCF dans le cas des cotons blancs.

Quant aux plaquettes sélectionnées (*Figure IV-17*), il apparaît que pour un contraste de 206, une différence inférieure à 10 % peut être atteinte pour les trois cotons. Ce type de plaquettes semble permettre une analyse moins sensible à la variation de la couleur du coton.

Le choix des plaquettes à utiliser a donc été fait en fonction de la sensibilité de l'analyse à la couleur du coton. Parmi les différents types que nous avons testés, nous avons sélectionné celui qui semble garantir une variation minimale, selon la couleur du coton, du contraste optimal (*Figure IV-17*). Le contraste a été fixé à 206 pour les analyses qui vont suivre.

Notre choix s'est donc porté sur des plaquettes en PVC ayant les caractéristiques suivantes :

- Colorimétrie (L, a, b, illuminant D65, 2 répétitions x 30 plaquettes) :  $L = 90,5 \pm 1$  ;  $a = 0,6 \pm 0,1$  ;  $b = -2,5 \pm 0,4$ .
- Dimensions (mm) : 240 x 170 x 4. Ce qui représente 114 m de fil testé par plaquette.

#### IV.3.2.2 Validation des comptages

##### IV.3.2.2.1 Cas du fil RS 20 tex

La *Figure IV-18* représente la relation entre les comptages Trashcam et visuels (Transformés racine carrée), obtenus sur les filés RS 20 tex.

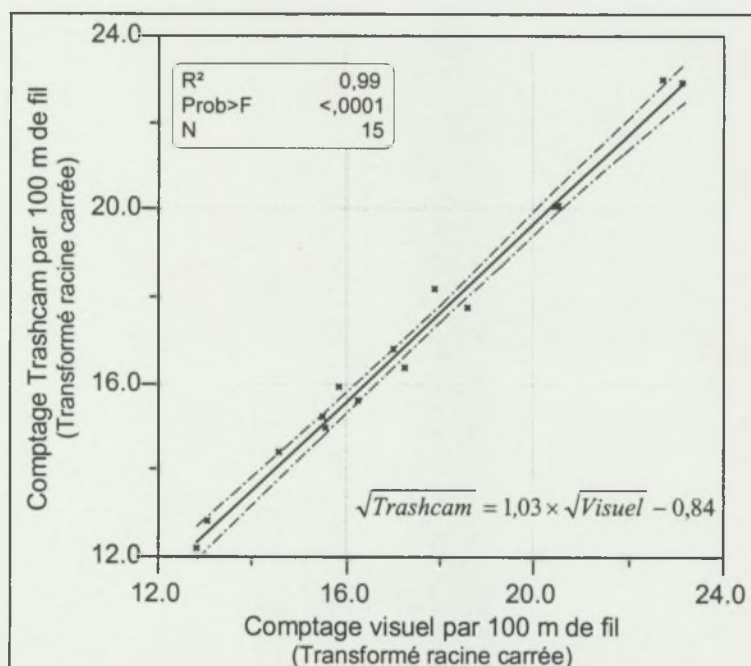


Figure IV-18 : Relation entre les comptages Trashcam et visuel sur plaquettes de fil RS 20 tex.



La corrélation entre les deux comptages pour le fil RS est très hautement significative. Nous avons obtenu un coefficient de détermination de 0,99 avec une pente non différente de 1 et une ordonnée à l'origine non différente de 0 au niveau de confiance de 95% (Tableau IV-5).

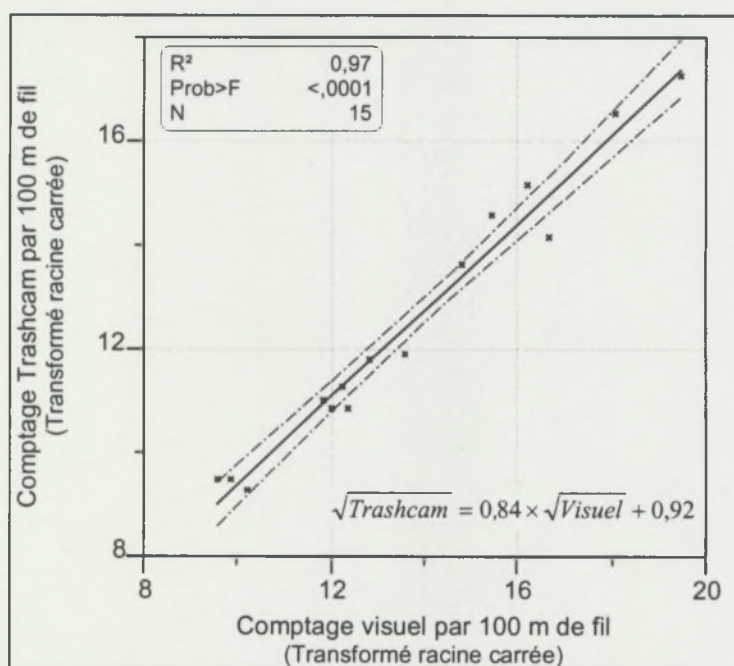
**Tableau IV-5 : Estimation et niveau de signification des paramètres de régression linéaire (Trashcam sur plaquettes de fil RS 20 tex vs. comptage visuel, transformés racine carrée)**

Terme	Estimation	Erreur Std	T Ratio	Prob> t	Limite inférieure 95%	Limite inférieure 95%
Origine	-0,8436	0,5496	-1,54	0,1487	-2,031	0,344
Pente	1,0266	0,0310	33,16	<0,0001	0,959	1,094

La méthodologie mise au point a donc permis la détection de la totalité des SCF visibles sur le fil RS 20 tex pour la gamme de cotons testés.

#### IV.3.2.2.2 Cas du fil OE 20 tex

Les paramètres déterminés sur le fil RS ont été appliqués sur les filés OE issus de la même gamme de cotons. Des comptages visuels ont également été réalisés sur les mêmes plaquettes dans les conditions décrites précédemment (cf. § IV.3.1). La relation entre les comptages obtenus dans ces conditions est représentée dans la Figure IV-19.

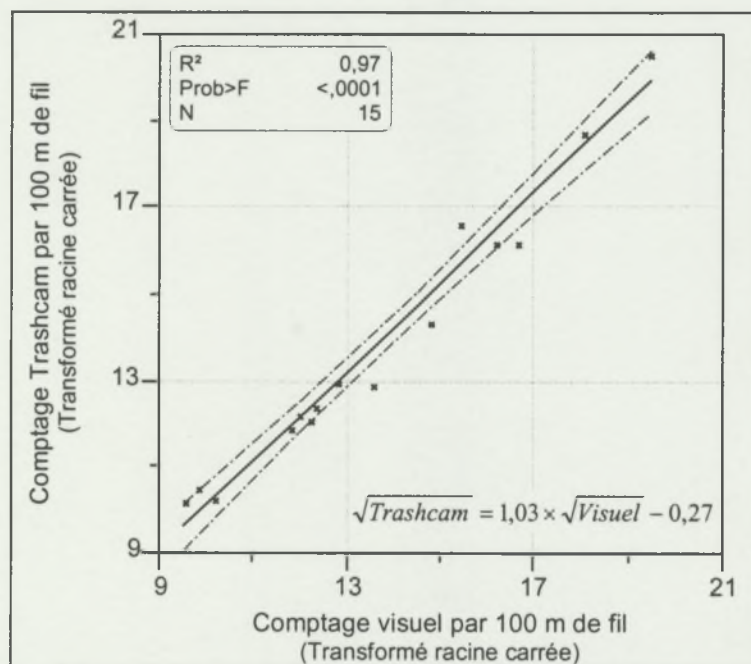


**Figure IV-19 : Relation entre les comptages Trashcam et visuel réalisés sur plaquettes de fil OE 20 tex – contraste de prise d'image = 206.**

Dans le cas du fil OE (Figure IV-19), la corrélation entre les comptages Trashcam et visuel sur plaquettes est également très hautement significative ( $R^2 = 0,97$ ). En revanche, le niveau des comptages est inférieur à celui obtenu visuellement (pente de 0,84 ; significativement inférieure à 1 au seuil  $\alpha = 5\%$ ). La comparaison des deux jeux de données par observations appariées a également mis en évidence une différence hautement significative entre les deux comptages.

Avec les mêmes conditions de prise d'image, Trashcam semble se rapprocher plus du comptage visuel dans le cas du fil RS que dans celui du fil OE. L'analyse du fil OE pourrait donc nécessiter certaines modifications dans les conditions de prise d'image. En effet, les différences de structure entre les deux types de filature pourrait se traduire par un relief différent du fil sur la plaquette et donc par une valeur différente du contraste optimal dans le cas du fil OE. De plus, l'action du briseur en filature OE est de nature à modifier les caractéristiques des SCF retrouvés dans le fil. Une diminution de la taille de ces impuretés après passage au briseur pourrait également expliquer le fait qu'elles soient plus difficiles à détecter dans les mêmes conditions que pour le fil RS (cf. § IV.3.2.3).

Nous avons vérifié la première hypothèse en réajustant le contraste de prise d'image à une valeur spécifique aux fils OE 20 tex issus de la gamme de cotons étudiée. La Figure IV-20 représente la relation entre le comptage Trashcam obtenu sur les plaquettes de fil OE, avec cette fois un contraste de prise d'image fixé à 200, et le comptage visuel sur les mêmes échantillons.



**Figure IV-20 : Relation entre les comptages Trashcam et visuel réalisés sur plaquettes de fil OE 20 tex – contraste de prise d'image = 200.**

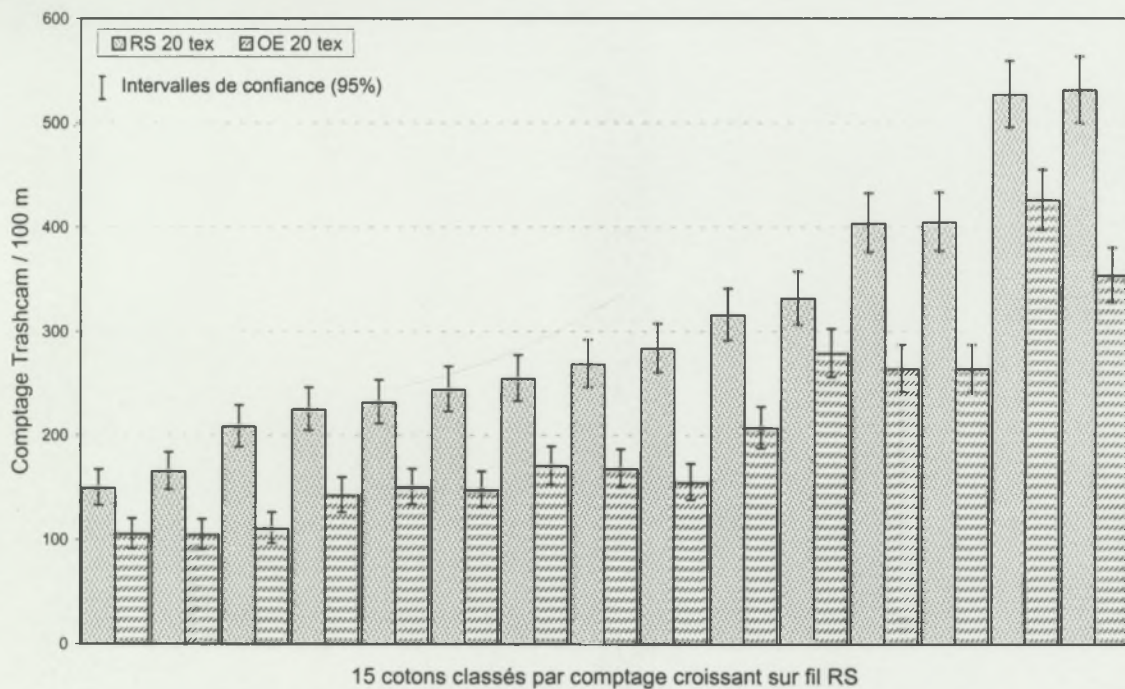
L'équation de régression, obtenue dans ces conditions spécifiques au fil OE, indique une ordonnée à l'origine non différente de 0 et une pente non différente de 1 au seuil de signification  $\alpha = 5\%$ . Il devient donc possible, en modifiant la valeur du contraste, de quantifier la totalité des SCF même dans le cas du fil OE.

#### IV.3.2.2.3 Comparaison RS-OE

Les nouveaux résultats de comptages obtenus sur fil RS et OE, tenant compte de la totalité des SCF visibles sur le fil, permettent de dresser une comparaison plus exhaustive de la teneur en SCF des deux types de filés. En effet, il ne s'agit plus de comparer la



contribution des SCF dans le nombre de neps obtenu avec des sensibilités différentes (cf. § III.2.4), mais de considérer leur nombre total dans chaque type de filé (Figure IV-21).



**Figure IV-21 : Comparaison des comptages Trashcam sur fils RS et OE 20 tex.**

Le fil RS contient plus de SCF que le fil OE issu des mêmes échantillons ayant subi la même préparation. Il semble donc que l'opération de nettoyage exercée par le briseur en filature OE soit significative. Cependant, la différence entre le nombre total des SCF présents dans chaque type de fil semble moins importante que ce que laissait apparaître les comptages UT3 et AFIS (cf. § III.2.4). Ceci pourrait être expliqué par la variation de la distribution de taille des SCF après passage au briseur (cf. ci-dessous).

#### IV.3.2.3 Mesure de la taille des SCF sur plaquettes de fil RS et OE 20 tex

Outre le comptage des SCF, l'analyse d'image par Trashcam permet la mesure de la taille de chaque impureté détectée. Dans le cas de la mesure sur plaquettes de fil, un débris peut être partiellement emprisonné dans la structure du fil, ou se retrouver entre le fil et la plaquette. Ces SCF, en partie ou en totalité cachés par le fil, donneront une mesure sous-estimée de la surface. Il convient donc, dans ce cas, de parler d'une surface apparente du SCF. Nous avons considéré la mesure de cette surface apparente obtenue à l'issue des analyses réalisées tout au long de ce paragraphe (sur fil RS et OE 20 tex).

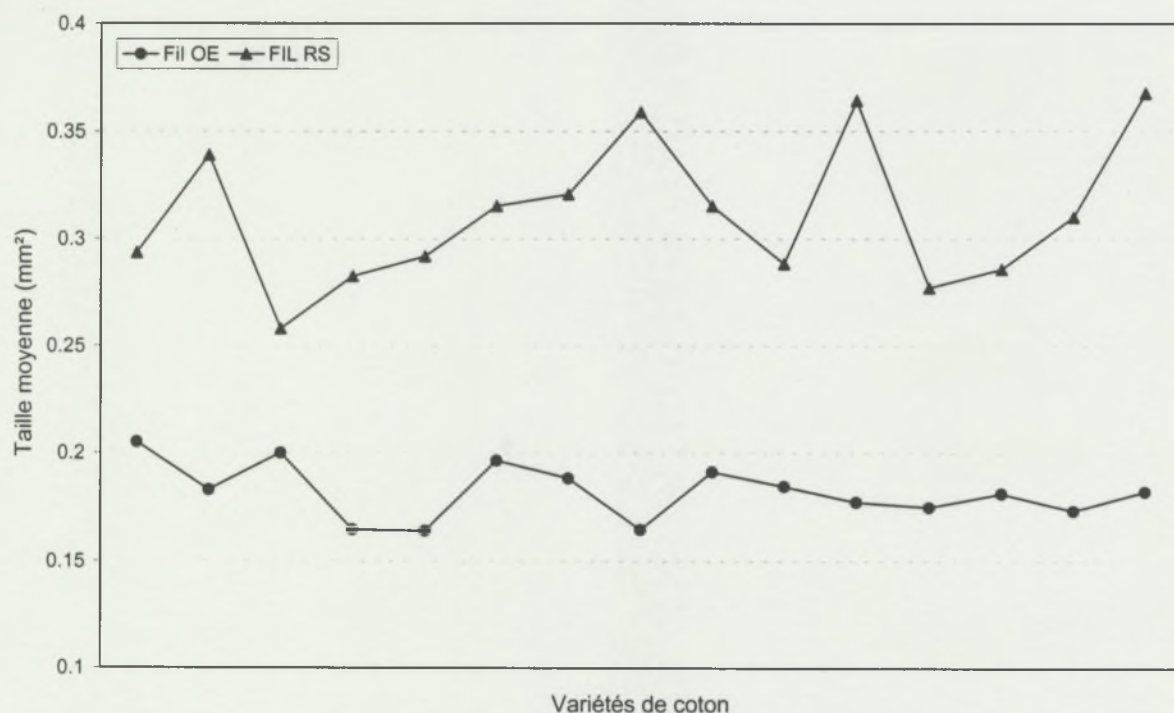
Étant donné la non normalité et l'hétérogénéité des variances des distributions de taille obtenues à l'issue de ces mesures, nous avons eu recours à des tests de comparaisons non paramétriques afin de déterminer la variation de la distribution de taille des SCF provoquée

par le briseur OE. Le test de Wilcoxon<sup>1</sup>, en l'occurrence, permet de réaliser cette comparaison (Snedecor et Cochran, 1957; Dagnélie, 1975; Saporta, 1990).

Le *Tableau IV-6* rapporte les résultats de la comparaison entre les distributions de taille obtenues sur le fil OE 20 tex à deux contrastes différents (200 et 206). Ces résultats n'indiquent aucun effet significatif de la modification du contraste sur la mesure de la taille.

La diminution du contraste à une valeur de 200 pour le fil OE n'a donc eu aucun effet significatif sur la distribution de taille mesurée, bien que son effet sur le comptage soit significatif (cf. § IV.3.2.2.2). Pour la suite de ce paragraphe, nous allons donc considérer uniquement la mesure obtenue dans des conditions jugées optimales pour le comptage (contraste = 200).

Nous avons représenté sur la *Figure IV-22* les moyennes par coton des surfaces (mm<sup>2</sup>) obtenues sur le fil RS et sur le fil OE.



**Figure IV-22 : Moyennes par coton des surfaces apparentes des SCF détectés par Trashcam sur plaquettes de fil.**

La première constatation pouvant être formulée à partir de la figure ci-dessus, concerne la différence entre la taille apparente des SCF présents dans le fil RS d'une part, et OE d'autre part. Il apparaît, en effet, que la taille mesurée sur fil RS est supérieure à celle obtenue sur le fil OE.

<sup>1</sup> Test fondé sur le classement des observations empiriques et la détermination du rang de chacune d'elles. Il consiste ensuite à tester, sur la base des écarts entre ces rangs, l'hypothèse que les deux groupes d'observation proviennent de la même population. Également appelé test des rangs, il a été proposé sous d'autres formes par Mann et Withney (1947) et par White (1952) (Dagnélie, 1975).



Nous avons comparé les distributions des observations empiriques obtenues dans le cas du fil RS et OE (Tableau IV-7). La variabilité inter-cotons au sein de chaque type de filature a ensuite été testée (Tableau IV-8).

**Tableau IV-6 : Test de Wilcoxon ; effet de la modification du contraste sur la mesure de la taille apparente des SCF sur plaquettes de fil OE 20 tex.**

Coton	Ddl	$\chi^2$	Prob> $\chi^2$
1	1	0,495	0,482 ns
2	1	0,186	0,667 ns
3	1	0,241	0,623 ns
4	1	0,466	0,495 ns
5	1	0,037	0,848 ns
6	1	0,085	0,770 ns
7	1	0,030	0,862 ns
8	1	0,045	0,832 ns
9	1	1,892	0,169 ns
10	1	0,292	0,589 ns
11	1	0,319	0,572 ns
12	1	0,011	0,918 ns
13	1	0,138	0,710 ns
14	1	0,287	0,592 ns
15	1	2,103	0,147 ns

**Tableau IV-7 : Test de Wilcoxon ; comparaison au sein de chaque coton des distributions de taille apparente des SCF sur fil RS et OE 20 tex.**

Coton	Ddl	$\chi^2$	Prob> $\chi^2$
1	1	12,326	0,0004 ***
2	1	37,329	0,0001 ***
3	1	5,226	0,0223 *
4	1	9,329	0,0023 **
5	1	10,895	0,0010 **
6	1	7,632	0,0057 **
7	1	16,035	0,0001 ***
8	1	31,801	0,0001 ***
9	1	18,304	0,0001 ***
10	1	28,547	0,0001 ***
11	1	25,956	0,0001 ***
12	1	23,317	0,0001 ***
13	1	20,359	0,0001 ***
14	1	59,771	0,0001 ***
15	1	79,072	0,0001 ***

**Tableau IV-8 : Test de Wilcoxon ; différence inter-cotons des distributions de taille apparente des SCF sur fil RS et OE 20 tex.**

Type de filature	Ddl	$\chi^2$	Prob> $\chi^2$
RS	14	35,757	0,0011 **
OE	14	19,202	0,1574 ns

Les tests de comparaisons effectués sur les distributions des tailles individuelles obtenues pour chaque type de filature, ont montré une différence statistiquement significative entre la taille mesurée sur fil RS et sur fil OE (Tableau IV-7).

En plus de la diminution de la taille apparente dans le cas du fil OE, il apparaît que la différence entre cotons en ce qui concerne ce paramètre a été atténuée. En effet, la mesure sur fil RS laisse apparaître des différences significatives entre les surfaces moyennes obtenues pour des variétés de coton différentes. En revanche dans le cas du fil OE, ces différences sont non significatives (Tableau IV-8).

La Figure IV-23 rapporte les distributions comparées de la taille des SCF présents sur filés RS d'une part et OE d'autre part. Nous avons représenté les distributions sous forme de diagramme de survie<sup>1</sup> construit par les points représentant la proportion d'individus testés ayant une taille supérieure à la valeur en abscisse ( $f(x) = P(X > x)$ ). Cette représentation a été préférée à celle des histogrammes qui ne permet pas de visualiser l'écart entre les distributions des tailles.

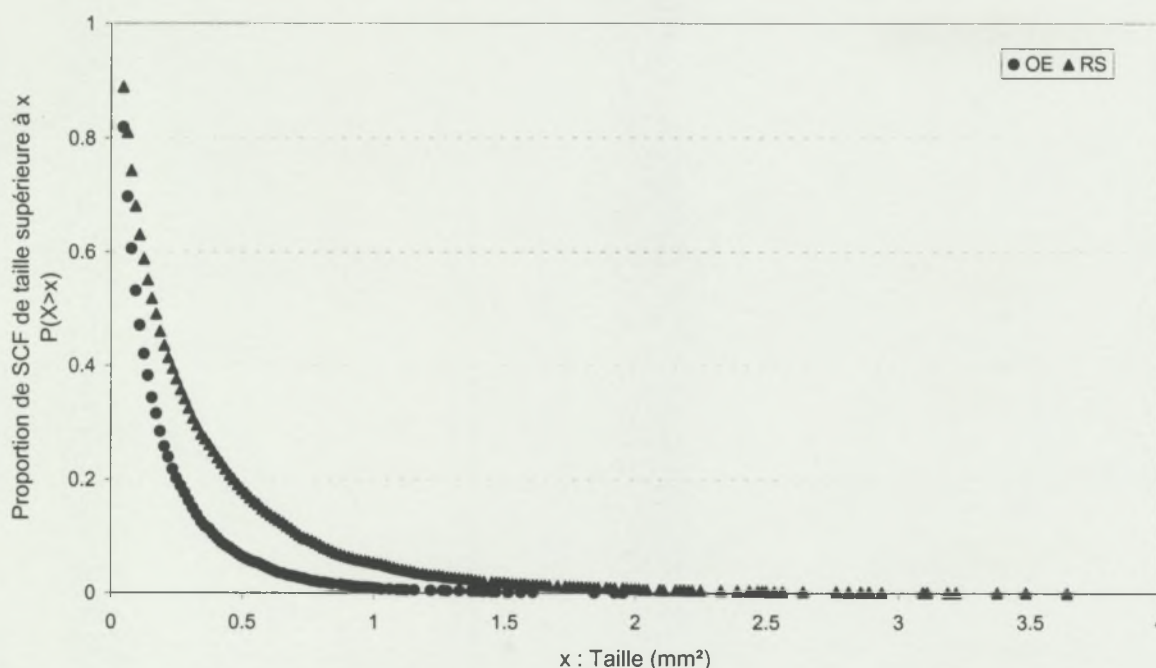


Figure IV-23 : Distributions empiriques des tailles des SCF sur plaquettes de fil RS et OE (mesure Trashcam).

Dans le cas de la filature OE, la distribution est tassée vers les petites tailles. En effet, la filature OE semble réduire la gamme de tailles des SCF présents sur le fil : environ 95% des individus testés ont une taille inférieure à 0,5 mm² dans le cas du fil OE, alors que pour le fil RS issu du même échantillon, cette gamme s'étend jusqu'à 1 mm².

Ce décalage pourrait être la résultante de plusieurs phénomènes intervenant en filature OE, principalement pendant l'individualisation des fibres par le briseur. En effet, pendant cette individualisation, une partie des SCF est éliminée par l'action de nettoyage du briseur. L'opération de nettoyage exercée est vraisemblablement accompagnée par une fragmentation des SCF se traduisant par la diminution de leur taille. D'autre part, dans le cas

<sup>1</sup> Utilisé dans les analyses de fiabilité d'où le terme « survie » (Chambers *et al.*, 1983; Allison, 1995).



du fil OE, les SCF pourraient avoir tendance à se loger, au moins en partie, à l'intérieur de la structure du fil ce qui diminuerait leur taille apparente mesurée par Trashcam (Hequet *et al.*, 1999).

#### IV.3.2.4 Relation entre Trashcam sur plaquette de fil et l'analyse détaillée de la nepposité

L'analyse Trashcam sur plaquettes de fil fournit une information globale sur la totalité des SCF visibles dans le fil. En revanche, les méthodes capacitives ne prennent en compte qu'une partie de ces impuretés (cf. § III.2.4).

Les relations entre les deux méthodes de comptage ont été examinées dans le cas des fils RS (Figure IV-24) et OE (Figure IV-25).

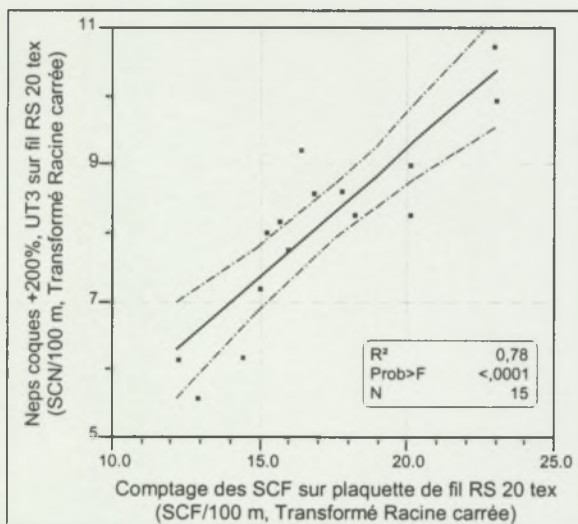


Figure IV-24 : Relation entre le nombre de neps coques +200% détectés en analyse détaillée sur UT3 et le comptage Trashcam sur fil RS 20 tex.

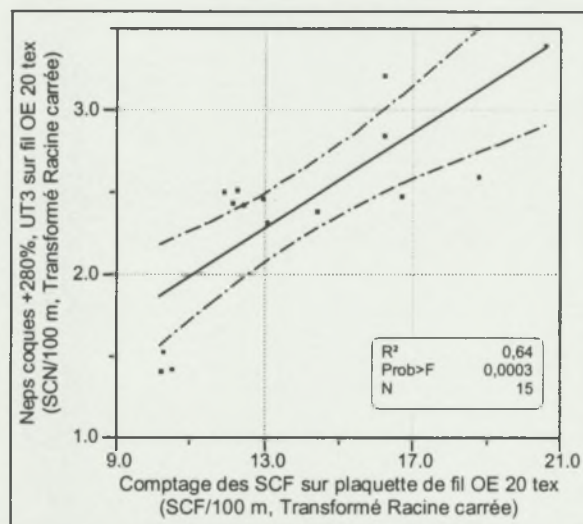


Figure IV-25 : Relation entre le nombre de neps coques +280% détectés en analyse détaillée sur UT3 et le comptage Trashcam sur fil OE 20 tex.

La corrélation entre les deux méthodes est très hautement significative que ce soit dans le cas du fil RS ou OE. La comparaison des niveaux des comptages de chacune des méthodes nous a permis de quantifier la proportion de SCF jusqu'ici non détectés dans le fil, car ne correspondant pas aux critères de sensibilité requis en analyse capacitive (Figure IV-26, Figure IV-27).

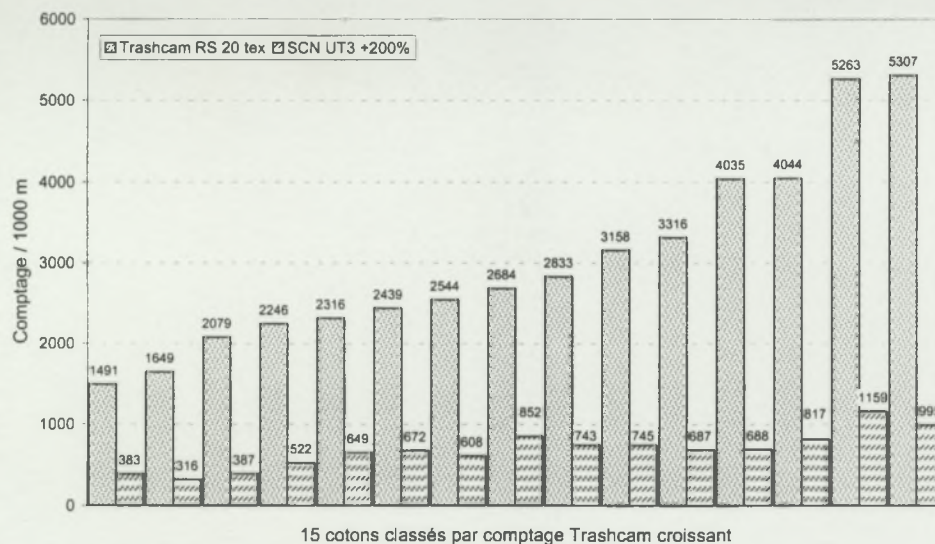


Figure IV-26 : Comparaison des niveaux de comptages Trashcam sur plaquettes de fil et UT3 (neps coques au seuil +200%), cas du fil RS 20 tex.

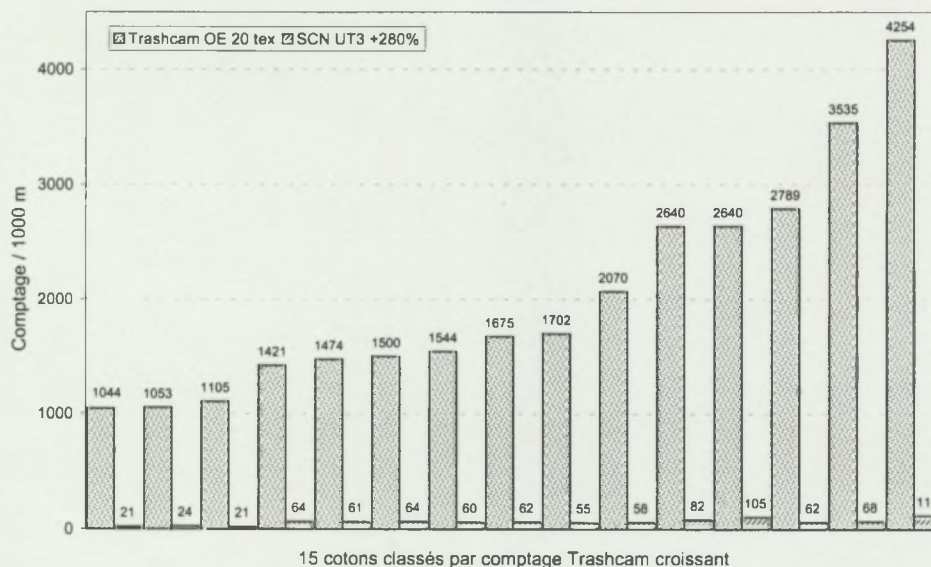


Figure IV-27 : Comparaison des niveaux de comptages Trashcam sur plaquettes de fil et UT3 (neps coques au seuil +280%), cas du fil OE 20 tex.

Il existe une très nette différence entre les résultats des deux méthodes (Trashcam et UT3), notamment dans le cas du fil OE. En effet, il apparaît que seule une faible proportion des SCF visibles sur le fil (et donc détectés par Trashcam), dépassent les seuils de sensibilité fixés pour leur détection en analyse détaillée (3% pour le fil OE et 23% pour le fil RS). En outre, et contrairement à l'opinion courante, la grande majorité des SCF présents dans le fil ne constituent pas des neps (au sens normalisé du terme pour le fil), mais pourraient se manifester dans le fil sous d'autres formes d'imperfections que nous allons tenter de déterminer dans la suite du travail.



## IV.4 CONCLUSIONS

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats de l'optimisation et de la mise au point de nouvelles méthodologies pour la quantification et la caractérisation des SCF dans la fibre et dans le fil.

Concernant les SCF dans la fibre, nous avons examiné et modifié les différents paramètres de Trashcam pour permettre une détection et une caractérisation de la gamme complète des SCF présents dans un voile de fibres. Ainsi, l'hypothèse de base de Trashcam a été vérifiée ; des seuils ont ensuite été fixés afin d'écarter les particules de tiges du comptage des SCF. La préparation des échantillons, les paramètres de prise d'image, ainsi que les fichiers de variables régissant l'algorithme d'analyse ont été optimisés. Désormais, Trashcam est capable de détecter et de mesurer la taille de la totalité des SCF visibles dans un voile de fibres. En effet, l'hypothèse d'égalité entre les comptages obtenus avec le nouveau protocole d'analyse et les comptages visuels réalisés sur les mêmes voiles n'a pu être rejetée au seuil  $\alpha=0,05$ .

Une nouvelle méthodologie a ensuite été mise au point afin de permettre la mesure de la longueur des fibres attachées aux SCF. Cette longueur caractéristique des SCF n'avait jamais été mesurée auparavant. La validité des longueurs obtenues par cette méthode a été testée par la comparaison à une classification visuelle des SCF. Les résultats ont montré une bonne concordance entre les deux méthodes. D'autre part, les premières analyses effectuées pendant cette mise au point ont mis en évidence la présence de types variés de SCF dans le voile de cardé. Nous allons essayer de montrer dans la suite des travaux si cette diversité de formes, de tailles et de quantités de fibres attachées a un effet significatif sur le type de perturbation occasionnée dans le fil par ces SCF.

Enfin, la méthode Trashcam a été adaptée pour l'analyse des SCF sur fil RS et OE. La différence entre ces deux types de filés a été examinée à l'aide de la nouvelle méthode. À l'aide de Trashcam, nous avons la possibilité de détecter et de caractériser tous les SCF visibles sur le fil. Cet outil pourra donc nous apporter le complément d'information nécessaire pour avoir une vision globale de la contamination du fil par les SCF. Des essais de validation complémentaires, réalisés par la suite sur des gammes différentes et par des opérateurs différents, ont confirmés les résultats obtenus à l'issue de cette mise au point. Au Laboratoire de Technologie Cotonnière du Cirad, la méthodologie de comptage des SCF sur plaquettes de fil<sup>1</sup> a été introduite en routine de laboratoire pour remplacer l'analyse détaillée sur régularimètre capacitif et ce depuis 1998 (Cirad-LTC, 1998b; Gurlot *et al.*, 1998b; Krifa *et al.*, 1998b; Krifa *et al.*, 1998c; Frydrych *et al.*, 1999).

---

<sup>1</sup> Les paramètres fixés dans ce chapitre sont valables pour des filés RS et OE 20 tex étant donné que c'est le titre le plus couramment utilisé pour les essais de filature. Nous allons voir dans le chapitre suivant qu'une modification du réglage du contraste est nécessaire pour l'analyse de filés de titre différent (27 et 37 tex).

Les méthodes décrites dans ce chapitre ont été utilisées dans la suite de notre travail en même temps que les méthodes commerciales (AFIS® et UT3).



**Chapitre V.**

**ESSAI DE MICRO-FILATURE, COMPORTEMENT DES SCF,  
SELON LEURS CARACTERISTIQUES, PENDANT LES  
DIFFERENTES ETAPES DE TRANSFORMATION  
DE LA FIBRE EN FIL**

## V.1 INTRODUCTION

Comme l'ont montré les résultats du précédent chapitre, nous disposons à présent des méthodes d'analyse nécessaires à la quantification et à la caractérisation des SCF dans la fibre et dans le fil. Ces nouvelles méthodes, complétées par les analyses classiques disponibles, devraient nous permettre de mieux cerner le comportement de ces impuretés au cours de la filature.

Plusieurs questions se posent à ce sujet : quel rôle joue chaque étape du processus de la filature dans la variation de la quantité et des caractéristiques des SCF ? Sous quelles formes et en quelles proportions ces SCF se manifestent-ils dans le fil ? Est-il possible de trouver le lien entre les caractéristiques des SCF d'une part, leur comportement à chaque étape et leur effet sur la structure du fil d'autre part ?

Ces questions vont être abordées tout au long du présent chapitre et complétées par les approches expérimentales du chapitre suivant.

## V.2 MATERIEL ET METHODES

Les résultats décrits dans ce chapitre sont issus d'un essai de micro-filature réalisé sur une gamme de cotons de différentes provenances (*cf.* § III.3). Nous avons représenté sur la *Figure V-1* le schéma de la procédure suivie depuis la matière brute jusqu'au fil.

### V.2.1 Filature, prélèvements et analyses sur fibres

Pour chaque coton étudié, une masse de 3 kg a été ouverte et homogénéisée manuellement de façon à assurer la représentativité des échantillons prélevés pour les différentes expérimentations à réaliser. Des nappes d'environ 130 g ont été constituées pour l'alimentation de l'ouvreuse de laboratoire (*cf.* § II.2.3.5.3, *Figure II-7*). Après ouvraison et cardage, les échantillons ont subi 3 passages d'étirage (*Figure V-2*) puis ont été filés en trois titres (20, 27 et 37 tex) sur le continu à filer à double étirage<sup>1</sup> du laboratoire (*Figure V-3*). Quatre broches ont été utilisées pour le filage, quatre levées ont été effectuées pour chaque broche. La longueur du fil obtenu pour chaque coton et chaque titre est d'environ 6 500 m.

Les différentes étapes de la micro-filature ont été réalisées dans des conditions contrôlées de température et d'humidité relative ( $22 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $45 \pm 2\%$ ). Les réglages du banc d'étirage (écartements) et du continu à filer (écartements, torsion) ont été optimisés en fonction des caractéristiques technologiques des fibres préalablement déterminées sur HVI et FMT3 (*cf.* § I.3.2, III.3). Des cotons standards ont été filés et testés sur les différents appareils tout au long de cette étude afin de vérifier la stabilité des conditions expérimentales (*cf.* Annexes 1 à 3).

---

<sup>1</sup> Alimentation directe par le ruban d'étirage sans transformation préalable en mèche (*cf.* § I.3.3.1.4).



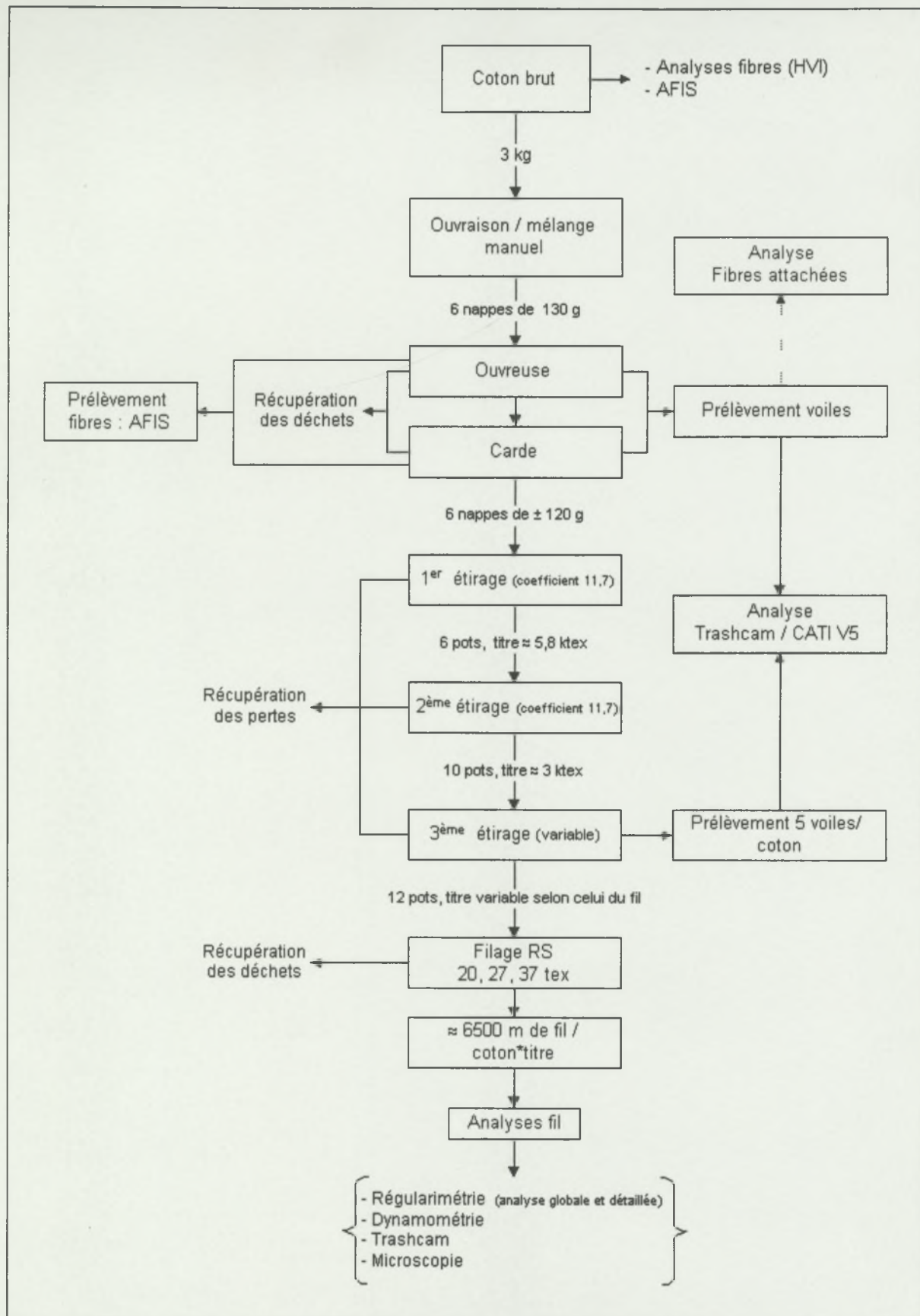


Figure V-1 : Procédure hiérarchisée de l'expérimentation en micro-filature prélèvements et analyses.

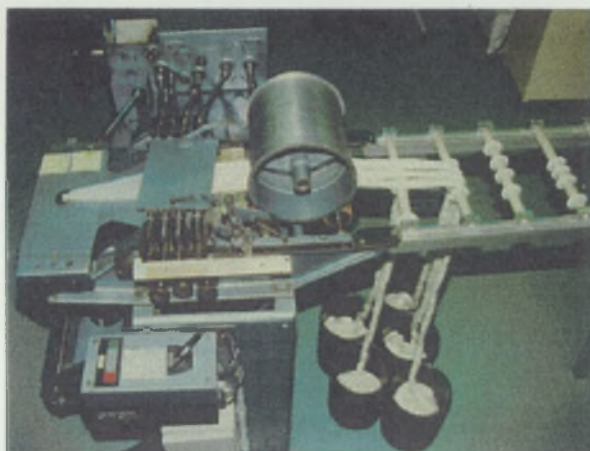


Figure V-2 : Banc d'étirage de laboratoire, alimentation par pots (cliché R. Frydrych).

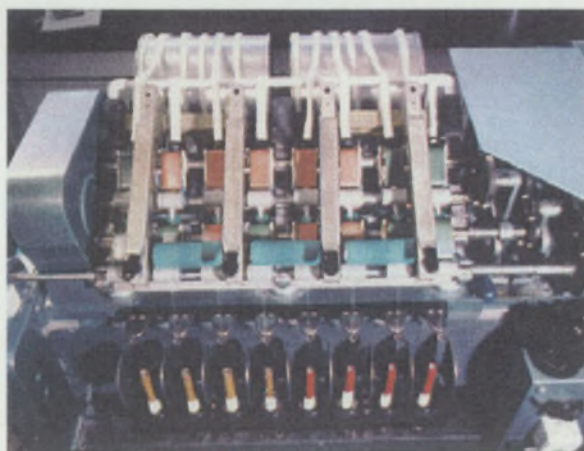


Figure V-3 : Continu à filer à double étirage (cliché R. Frydrych).

Le passage à l'ouvreuse de laboratoire (carde avec chapeaux lisses, cf. § II.2.3.5.3, Figure II-7) permet de constituer des voiles n'ayant pas subi l'opération de nettoyage appliquée par les chapeaux garnis. Des voiles de fibres ont donc été prélevés pour une analyse Trashcam avant le cardage proprement dit. Une analyse Trashcam a également été réalisée sur des voiles prélevés dans les mêmes échantillons après passage à la carde (avec chapeaux garnis). Ces analyses ont été effectuées dans les conditions déterminées et validées au précédent chapitre (cf. § IV.1).

Des échantillons ont également été prélevés pour une analyse sur AFIS sur coton brut (avant ouvreuse), sur coton ouvert et coton cardé. Ceci nous permettra d'effectuer une comparaison avec les résultats rapportés par la littérature et obtenus sur la base de comptages AFIS (Baldwin *et al.*, 1995; Jones et Baldwin, 1995; 1996). Les tests sur AFIS ont été effectués dans un ordre randomisé et dans des conditions atmosphériques maintenues constantes ( $HR = 65\% \pm 2$  et  $T^\circ = 21^\circ C \pm 1$ ).

Comme indiqué sur la Figure V-1, les déchets et les pertes ont été récupérés à chaque étape du processus. Les SCF retenus par les chapeaux de carde (Figure V-4) ont notamment été analysés et leur distribution de taille déterminée à l'aide de Trashcam.

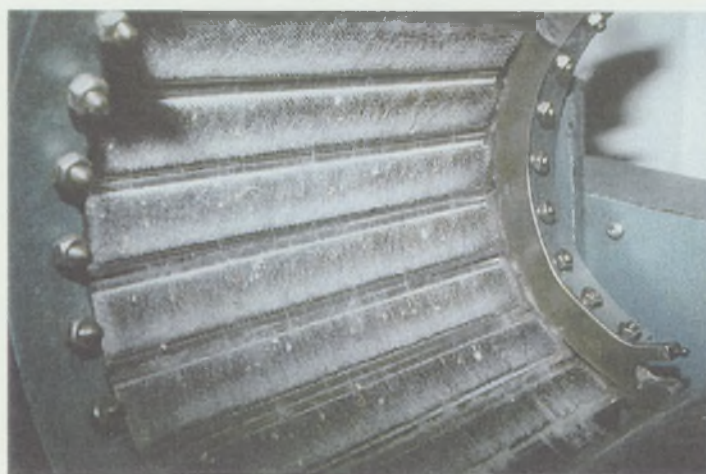


Figure V-4 : Déchets retenus par les chapeaux de carde (cliché R. Frydrych).



Dans le lot de voiles de carde récupérés pendant la filature, des voiles ont été prélevés au hasard pour constituer des échantillons de SCF représentatifs des cotons étudiés. La longueur de fibres attachées aux SCF présents dans ces voiles a été déterminée selon la méthode mise au point au précédent chapitre (cf. § IV.2). Comme précédemment mentionné, la totalité des SCF présents dans le voile a été prélevée manuellement à l'aide de pinces brucelles et d'une loupe éclairante. Le prélèvement de la totalité des SCF permet d'éviter un éventuel biais d'échantillonnage dû à la tendance que peut avoir l'opérateur à ne prélever que les SCF de grande taille. La charge en impuretés et plus particulièrement en SCF étant dépendante des cotons, le nombre de SCF analysés est différent d'un coton à l'autre (de 30 pour le coton le moins chargé à 210 pour le plus chargé).

En première approche, une gamme de dix cotons de différentes origines a été sélectionnée pour ces expérimentations. Afin de renforcer la puissance statistique des résultats de certaines parties de l'étude, cette gamme de dix cotons a été complétée par des échantillons provenant de l'étude préliminaire (cf. § III.2.2), pour lesquels nous disposons de fil RS 20 tex. Certaines analyses ont donc eu lieu sur plus de dix cotons. Nous le préciserons le cas échéant.

### V.2.2 Analyses sur fil

Les filés produits ont été testés en analyse globale et en analyse détaillée sur régularimètre capacitif (UT3). Une longueur de 1 000 m de fil, provenant d'un échantillonnage systématique dans l'ensemble des broches et des levées, a servi à l'analyse globale. Les filés ont également été testés sur Trashcam (cf. § IV.3) et sur dynamomètre à gradient d'allongement constant. Les analyses Trashcam ont été réalisées dans les conditions atmosphériques contrôlées de la filature (cf. § V.2.1). Quant aux analyses régularimétriques et dynamométriques, elles ont été effectuées dans des conditions d'humidité relative et de température maintenues selon les normes en vigueur à respectivement  $65 \pm 2\%$  et  $21 \pm 1^\circ\text{C}$ .

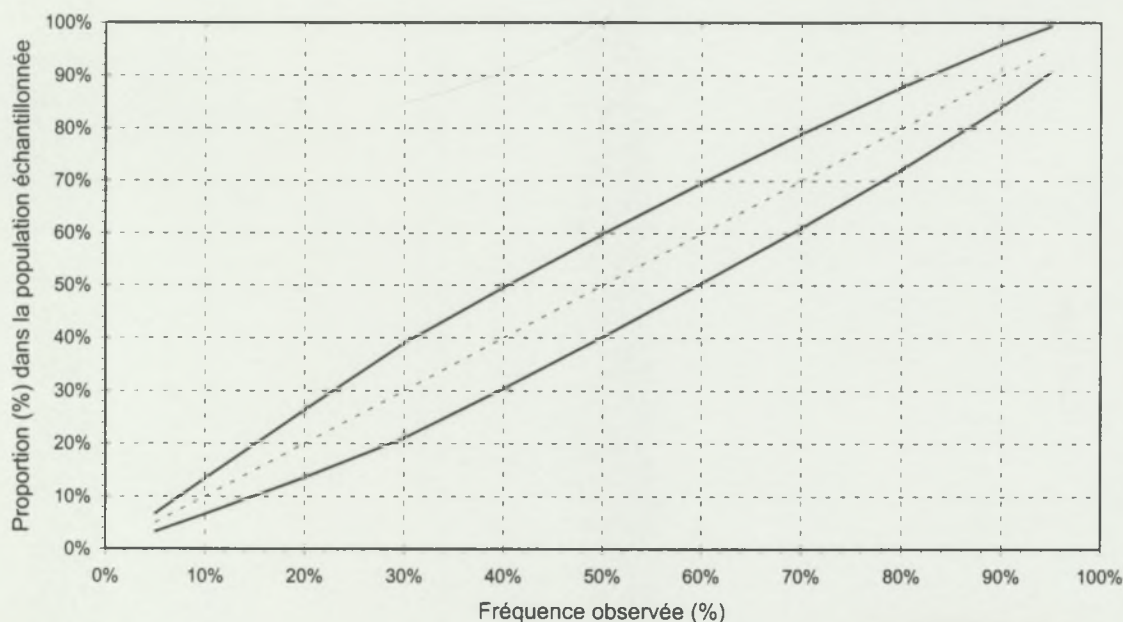
Le protocole de l'analyse détaillée a été modifié afin d'alléger la charge de travail nécessaire tout en garantissant une précision suffisante pour tous les cotons. En effet, la charge en imperfections et en SCF varie d'un coton à l'autre. Effectuer l'analyse détaillée sur une longueur de fil constante risque de fournir des précisions très variables autour des proportions déterminées. En fixant un nombre de défauts à analyser, nous pouvons contrôler la précision minimale que nous tolérerons.

En utilisant l'approximation normale valable pour un grand nombre d'observations, l'incertitude autour d'une proportion observée  $p$ , pour un niveau de confiance  $1-\alpha$ , s'écrit :

$$\Delta_p = u_{\alpha/2} \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (\text{V-8})$$

L'incertitude maximale est atteinte pour une proportion observée  $p = 50\%$ . En fixant l'incertitude maximale pour la proportion de SCF à une valeur de 10%, nous pouvons calculer le nombre minimal d'observations à effectuer pour ne pas la dépasser.

Le nombre d'observations obtenu dans ces conditions, pour un niveau de confiance de 95%, est d'environ 100 par échantillon de fil. Nous allons donc procéder à l'analyse détaillée d'un nombre minimal de 100 imperfections (SCF et autres). D'autre part, ayant comme objectif la caractérisation des SCF détectés après classification des défauts du fil, nous nous sommes fixés une deuxième contrainte sur le nombre d'observations à effectuer pendant l'analyse détaillée : un nombre minimal de 30 SCF prélevés. Cette seconde contrainte modifie les effectifs à analyser, et donc les précisions atteintes, dans le cas d'une proportion de SCF inférieure à 30%. La Figure V-5 représente les intervalles de confiance obtenus dans les conditions fixées.



**Figure V-5 : Intervalles de confiance en fonction de la proportion de SCF dans les défauts observés en analyse détaillée du fil sur régularimètre UT3 ( $\alpha=0,05$  ; effectif minimal = 100 ; nombre minimal de SCF = 30).**

Outre la décomposition habituelle des neps au seuil de +200% (défauts courts), nous avons effectué une classification des points gros détectés au seuil de +50% (défauts long). En effet, comme l'ont montré les résultats de l'étude préliminaire, ces derniers sont significativement reliés à la quantité de SCF dans le voile de carde (cf. § III.2.5). Nous avons obtenu de la sorte une estimation de la contribution des SCF dans chacun des deux types de défauts. Des portions de fil, contenant un défaut attribué aux SCF, ont été prélevées au cours de cette analyse pour un examen microscopique et une caractérisation des SCF mis en cause sur Trashcam.

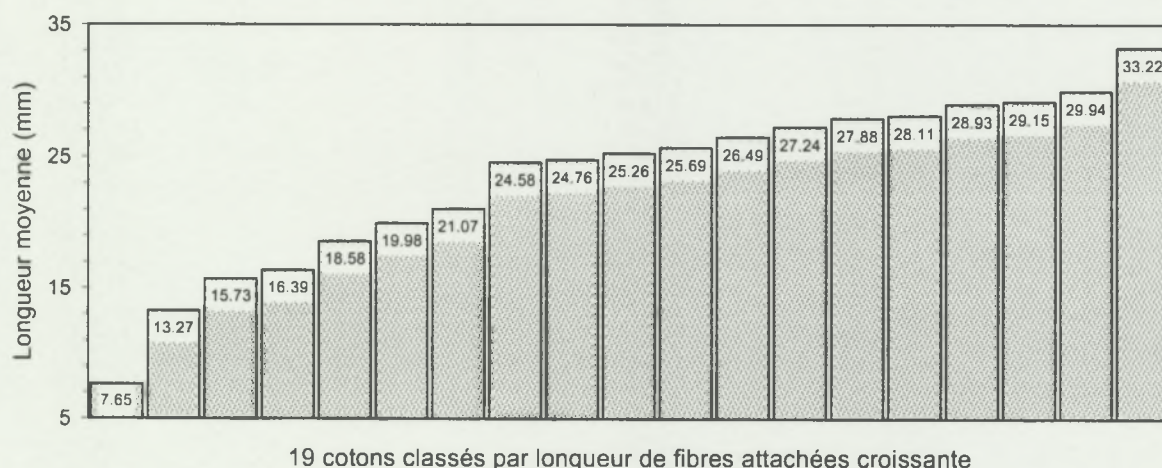


Nous allons traiter les résultats de ce chapitre en passant en revue les étapes du processus de filature et en examinant l'effet de chacune d'entre elles sur la quantité et la distribution de taille des SCF présents dans la matière. Nous tenterons à chaque fois d'établir le lien entre cet effet et les caractéristiques des SCF déterminées selon les méthodes décrites au précédent chapitre. Nous aborderons enfin la relation entre les résultats obtenus sur voiles de fibres et ceux issus des différentes analyses réalisées sur le fil. Mais auparavant, nous allons explorer brièvement les résultats obtenus sur la gamme de cotons sélectionnés par les méthodes de caractérisation mises au point au précédent chapitre.

### V.3 MESURE DE LA QUANTITE DE FIBRES ATTACHEES

La quantité de fibres attachées aux SCF est une caractéristique qui n'a, semble-t-il, jamais été étudiée auparavant. N'ayant aucun critère de sélection a priori pour garantir une gamme de cotons représentant une variabilité suffisante pour étudier cette caractéristique, nous avons sélectionné 19 cotons de différentes provenances de manière à assurer un maximum de diversité. Un voile de cardé a été prélevé pour chacun des 19 échantillons. Les SCF présents dans le voile ont été analysés pour la détermination de la quantité de fibres qu'ils portent selon la méthodologie décrite au Chapitre IV.

La Figure V-6 représente les moyennes de longueur des fibres attachées aux SCF pour chaque coton.



**Figure V-6 : Moyennes par coton de la longueur des fibres attachées aux SCF (mesure par squelettisation)**

Les moyennes varient entre 7,6 mm et 33,2 mm selon les cotons avec un nombre de SCF testés variant de 34 à 210 par voile. Le choix des cotons a donc permis de constituer une gamme étendue de longueur de fibre attachées aux SCF. Toutefois, étant donné que la

littérature ne mentionne pas de référence ayant étudié cette caractéristique auparavant, nous ne pouvons pas affirmer si cette étendue peut être représentative de celle disponible naturellement.

#### V.4 MESURES TRASHCAM SUR VOILE DE FIBRES

Le *Tableau V-1* résume les principales caractéristiques déterminées par Trashcam sur les voiles de fibres prélevés dans la même gamme de 19 cotons.

**Tableau V-1 : Résumé des résultats Trashcam obtenus sur 19 cotons (moyennes par coton)**

	Voiles d'ouvreuse			Voiles de carde		
	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne
SCF/g	72	273	152	81	355	174
Niveau de gris moyen	95	130	113	108	125	119
Surface moyenne (mm <sup>2</sup> )	0,247	0,651	0,447	0,204	0,410	0,295
Rapport surfacique	0,702	0,760	0,738	0,730	0,799	0,768
Rapport dimensionnel	0,724	0,775	0,750	0,735	0,787	0,760

Comme le montrent les résultats ci-dessus, il existe des différences quantitatives et qualitatives entre les SCF présents dans les voiles d'ouvreuse d'une part et ceux détectés dans les voiles de carde d'autre part. Les variations constatées, notamment en ce qui concerne le nombre et la distribution de taille des SCF, vont être discutées en détail ultérieurement (*cf.* § V.5.3).

À ce jour, l'utilisation de Trashcam pour le comptage des SCF dans la fibre de coton nécessite un passage préalable des échantillons à la carde. Comme nous l'avons mentionné ci-dessus, nous avons la possibilité avec la méthode d'ouvraison du laboratoire, de former des surfaces assez uniformes pour réaliser des analyses d'images avant cardage. Nous pouvons donc, en examinant la relation entre les résultats obtenus sur fibres avant et après cardage et sur fil, vérifier si un nettoyage aussi efficace que celui de la carde est nécessaire pour garantir une prédiction significative des défauts du fil à partir des comptages sur fibre.

Comme le montre la *Figure V-7*, il existe une relation très hautement significative entre les comptages Trashcam avant et après passage à la carde. Étant donné que le comptage Trashcam sur voile de carde est étroitement lié à la quantité de SCF sur fil quelle que soit la méthode de comptage sur fil (Trashcam ou UT3), nous n'aurons aucun mal à confirmer avec la suite des résultats que même avant la carde la mesure Trashcam reste hautement prédictive du nombre des SCF dans le fil. Ceci implique que Trashcam pourrait être utilisé avec une autre méthode d'ouvraison que la mini-carde, à condition de pouvoir constituer une surface assez uniforme pour l'acquisition d'image.



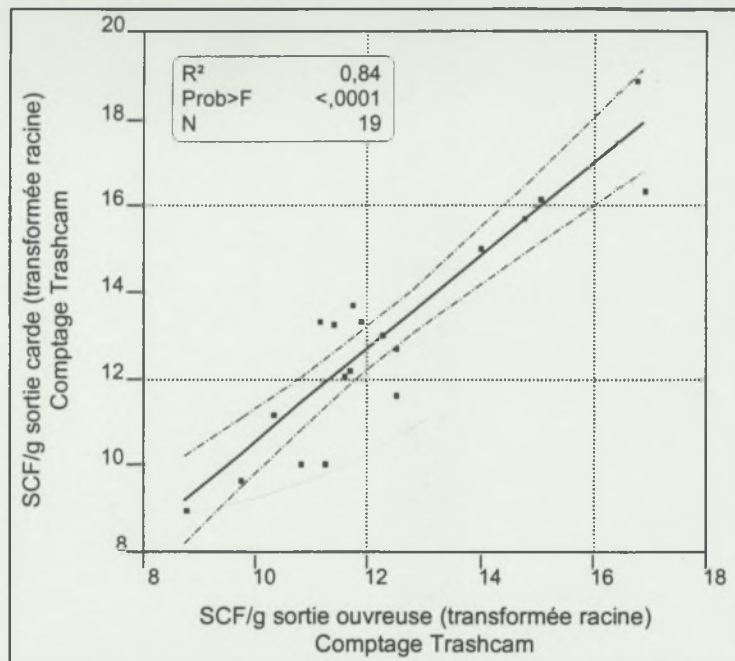


Figure V-7 : Relation entre le comptage par analyse d'image sur voile de carde et sur voile d'ouvreuse (transformée racine carrée)

## V.5 EFFET DU CARDAGE SUR LA QUANTITE DE SCF DANS LA FIBRE

La carde est l'étape de préparation et de nettoyage au cours de laquelle se fait l'essentiel de l'élimination des fragments de coques en filature classique (RS) de coton cardé (Frey et Schneider, 1989). Les opérations de nettoyage qui précèdent le cardage, que ce soit après égrenage (au « *lint-cleaner* ») ou pendant la grosse préparation à la filature, ont une efficacité limitée du fait de la difficulté de l'élimination des SCF de la masse fibreuse.

Jones et Baldwin (1995) ont conduit une étude sur l'efficacité du nettoyage et du cardage dans l'élimination des SCF. Ils se sont basés sur des comptages AFIS pour la détermination de la quantité des débris de coque (*Seed Coat Neps* ou SCN selon leur définition). Ils ont trouvé que le cardage éliminait, selon les cotons, entre 44 et 86% des SCN détectés par AFIS. En revanche, aucune diminution significative du nombre de SCN n'a été constatée au cours des opérations d'ouvraison / nettoyage de grosse préparation.

Il convient ici de rappeler la distinction faite au § II.2.3.4.1 entre les abréviations SCF (*Seed Coat Fragments*) et SCN (*Seed Coat Neps*). En effet, comme nous l'avons précédemment mentionné, suivant la méthode d'analyse utilisée (Trashcam ou AFIS) la gamme de débris de coque détectés n'est pas la même. Dans la suite de ce paragraphe nous allons traiter successivement les résultats obtenus avec chacune des deux méthodes. De cette manière, nous pourrions mettre en évidence les avantages procurés par la détection de la gamme globale des SCF présents dans la fibre (Trashcam).

### V.5.1 Nettoyage subi par les SCN (analyse AFIS)

Avant de nous intéresser au cardage proprement dit, nous allons examiner l'effet de l'ouvreuse de laboratoire sur la quantité des SCN détectés par AFIS. Le *Tableau V-2* rapporte les résultats d'une analyse de variance réalisée sur les comptages AFIS obtenus sur coton brut et sur coton ouvert. L'analyse de variance a été effectuée après une transformation racine carrée des données. Cette transformation a permis de stabiliser les variances et de normaliser les résidus (cf. § III.2.1).

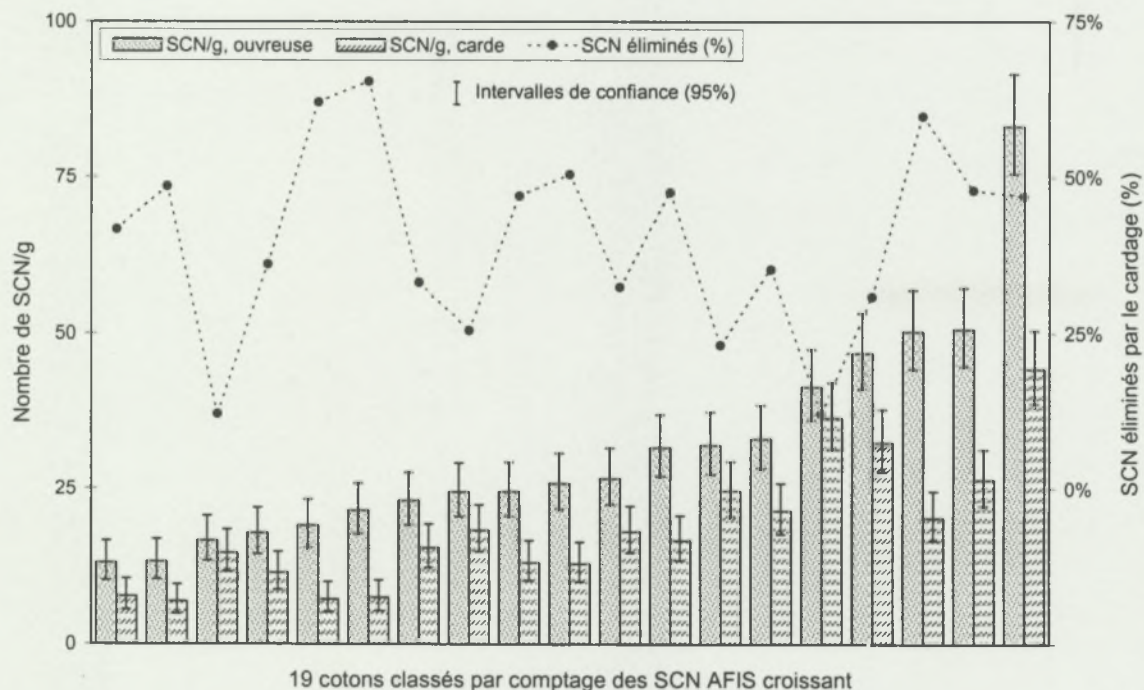
**Tableau V-2 : Tableau d'analyse de variance : variation du nombre de SCN après ouvraison**

Source	DDL	SCE	F Ratio	Prob>F
Variété	18	253,899	12,203	<0,0001(***)
Ouvraison	1	0,107	0,092	<0,7784(ns)
Variété *Ouvraison	18	20,806	1,196	0,2706(ns)

Ns : non significatif ; \* : significatif ( $\alpha=0,05$ ) ; \*\* : hautement significatif ( $\alpha=0,01$ ) ; \*\*\* : très hautement significatif ( $\alpha=0,001$ )

L'ouvraison n'a eu aucun effet significatif sur le nombre de SCN présents dans la fibre. Ces résultats sont analogues à ceux rapportés par la littérature. L'ouvreuse de laboratoire réagit donc de la même manière, du moins en ce qui concerne la quantité de SCN, que le processus d'ouvraison et de nettoyage industriel.

À présent, nous allons nous attacher à l'étape de cardage proprement dit. La *Figure V-8* représente la variation du nombre des SCN détectés par AFIS avant et après passage à la mini-card. Les intervalles de confiance (95%) sont également reportés sur la figure.



**Figure V-8 : Variation du nombre de SCN après passage à la card.**

Le nombre de SCN a diminué après passage à la card (-40% en moyenne). Cette diminution est plus ou moins importante selon les cotons (entre 12 et 65%).



L'analyse de variance (Tableau V-3) montre que l'effet du cardage est très hautement significatif. Aucune interaction significative entre l'origine variétale et l'effet de la carde n'est détectée.

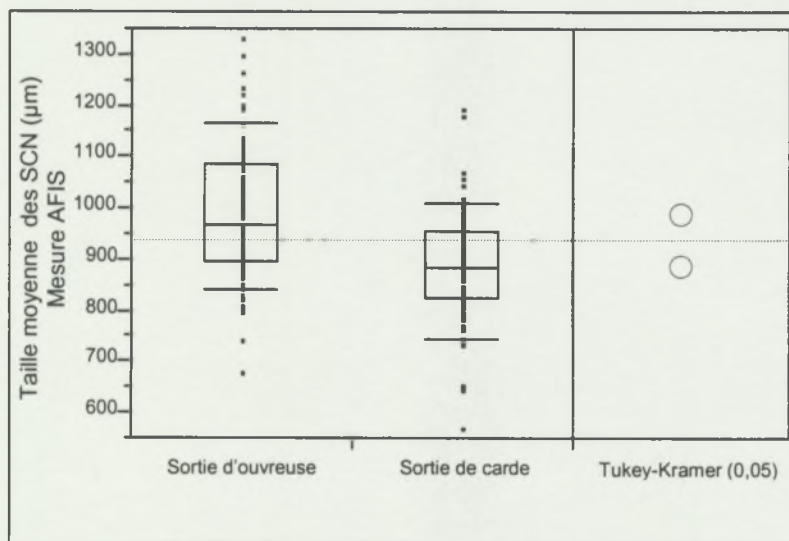
**Tableau V-3 : Tableau d'analyse de variance : variation du nombre de SCN après cardage**

Source	DDL	SCE	F Ratio	Prob>F
Variété	18	279,557	18,037	<0,0001(***)
Cardage	1	72,695	84,429	<0,0001(***)
Variété *carde	18	19,377	1,250	0,2288 (ns)

Ns : non significatif ; \* : significatif ( $\alpha=0,05$ ) ; \*\* : hautement significatif ( $\alpha=0,01$ ) ; \*\*\* : très hautement significatif ( $\alpha=0,001$ )

Bien que le pourcentage de SCN éliminés par la carde soit, pour certains cotons, inférieur à ceux reportés par Jones et Baldwin (1995), AFIS détecte une diminution significative du nombre de SCN après passage à la mini-carde (une moyenne de 40%). Les résultats obtenus en laboratoire suivent les mêmes tendances que ceux obtenus sur matériel industriel et rapportés par les auteurs ci-dessus. Ce résultat confirme donc l'effet d'élimination de SCN attribué au cardage sur la base de comptages AFIS.

Nous avons également examiné les tailles moyennes des SCN telles qu'elles sont mesurées sur AFIS. La Figure V-9 rapporte la comparaison entre les distributions des tailles moyennes obtenues sur 190 spécimens prélevés avant et après passage à la carde.



**Figure V-9 : Comparaison des tailles moyennes des SCN détectés par AFIS avant et après cardage.**

La figure ci-dessus traduit une diminution de la taille des SCN détectés sur AFIS après passage à la mini-carde. Ces résultats, associés à la diminution significative du nombre de SCN, montrent que le cardage a tendance à éliminer les gros SCN. Notons cependant, que Baldwin *et al.* (1995) ont mentionné l'existence éventuelle d'une fragmentation des particules pendant le cardage.

Il est également à noter que les deux autres classes d'impuretés végétales détectées par AFIS (Total impuretés diverses : *Dust* et *Trash*) diminuent de manière significative après cardage (Figure V-10).

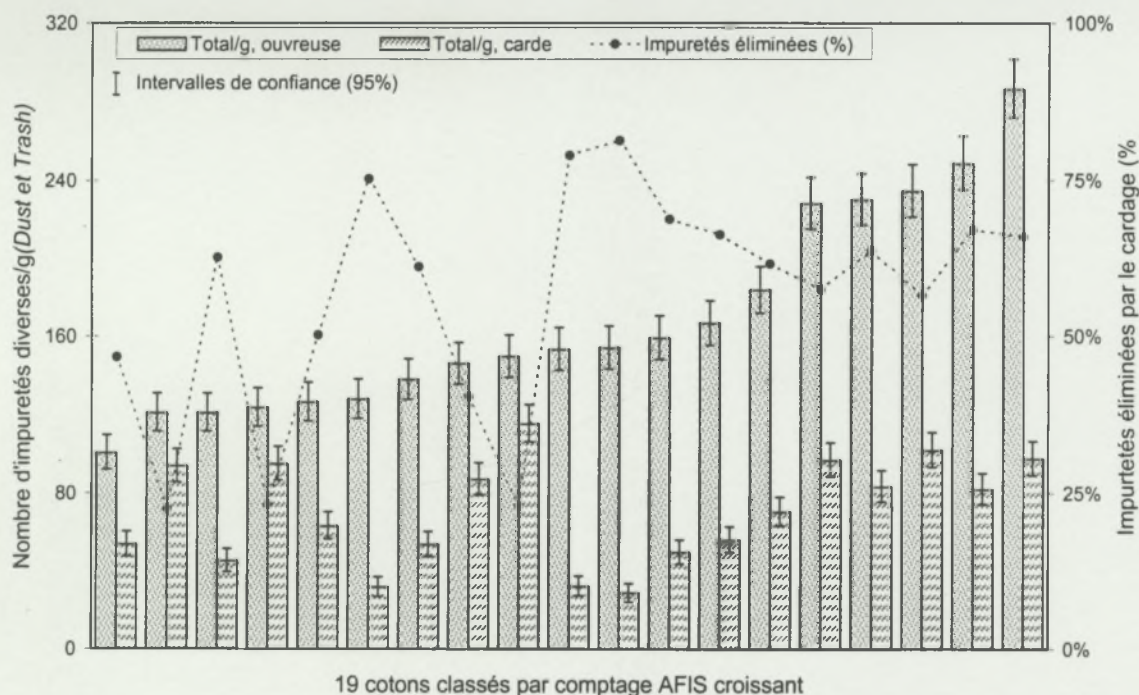


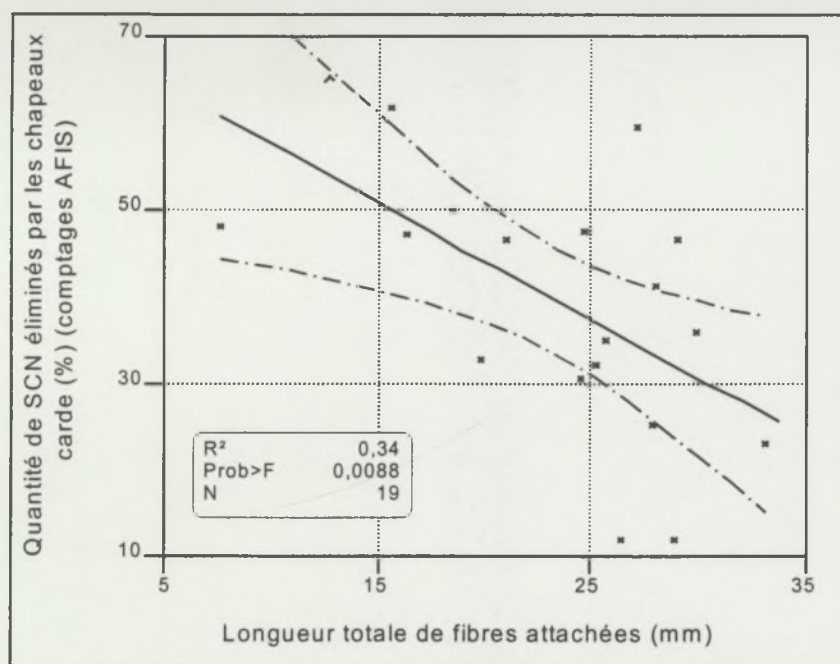
Figure V-10 : Variation après cardage du nombre d'impuretés diverses selon les comptages AFIS

### V.5.2 Effet de la longueur des fibres attachées sur la quantité de SCN éliminés par la carde

L'interaction entre l'effet du cardage et l'origine variétale des cotons testés n'est pas significative. En effet, tous les échantillons ont réagi de la même manière après passage à la carde. Cependant, la diminution relative du nombre de SCN due au cardage varie selon les cotons (entre 12 et 65%). Les cotons semblent donc avoir une aptitude plus ou moins importante à l'élimination des SCN. Disposant d'une estimation quantitative de la longueur de fibres attachées, la relation entre cette caractéristique et la difficulté d'élimination des SCN peut être étudiée.

La Figure V-11 représente la relation entre la longueur de fibres attachées aux SCF, estimée par analyse d'image, et le degré d'élimination des SCN par la carde estimé à partir de comptages AFIS.





**Figure V-11 : Relation entre le degré d'élimination des SCN (comptages AFIS) et la quantité de fibres attachées.**

Nous observons une importante dispersion de la quantité de SCN éliminés par la carte pour des valeurs élevées de la longueur totale de fibres attachées. Il existe toutefois, pour la gamme de cotons étudiée, une relation hautement significative entre l'aptitude au nettoyage et la longueur totale de fibres attachées telle que nous l'avons estimée. La *Figure V-11* laisse apparaître une tendance à une plus forte élimination de SCN pour les cotons caractérisés par une longueur de fibres attachées peu élevée.

### V.5.3 Analyse Trashcam : effet du cardage sur la gamme totale des SCF

L'analyse d'image par Trashcam permet le comptage et la mesure de la taille ( $\text{mm}^2$ ) de toute la gamme de SCF présents dans la fibre. Ces comptages incluent les Seed Coat Neps (SCN), les débris de coque n'ayant que des fibres courtes attachées ainsi que ceux ne portant aucune fibre. Cette aptitude de Trashcam à tenir compte de tout SCF présent dans la fibre en fait un outil adapté à la compréhension plus exhaustive des phénomènes qui ont lieu au cours du cardage.

En dépit de la différence entre les gammes détectées par chacune des deux méthodes, la relation entre les comptages Trashcam et AFIS est très hautement significative que ce soit avant ou après cardage (*Figure V-12* et *Figure V-13*, respectivement). Nous ne reviendrons pas ici sur la différence observée entre les niveaux de comptages des deux méthodes, déjà abordée au Chapitre III (cf. § III.2.3.3).

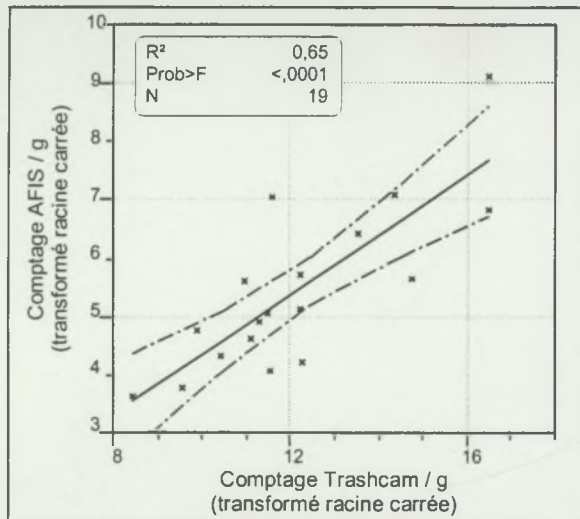


Figure V-12 : Relation entre le comptage des SCN par AFIS et des SCF par Trashcam (sortie d'ouvreuse).

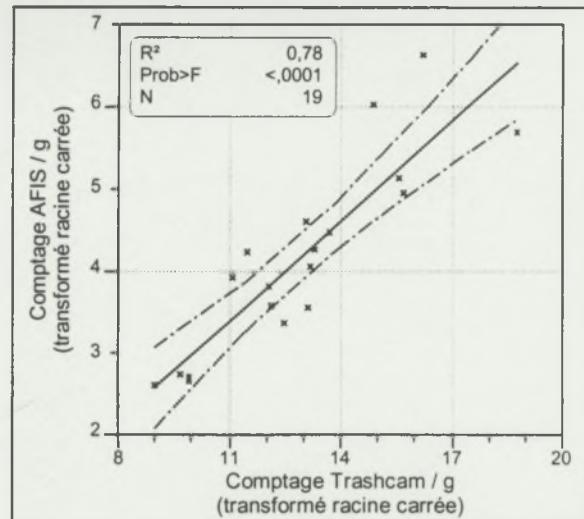


Figure V-13 : Relation entre le comptage des SCN par AFIS et des SCF par Trashcam (sortie de carte).

À présent, nous allons nous intéresser à l'effet du cardage sur le nombre et la taille des SCF présents dans la fibre en nous appuyant sur les résultats des analyses Trashcam. La Figure V-14 représente le comptage obtenu, sur les 19 cotons, par analyse d'image sur Trashcam (SCF/g) avant et après passage à la carte avec les intervalles de confiance (95%).

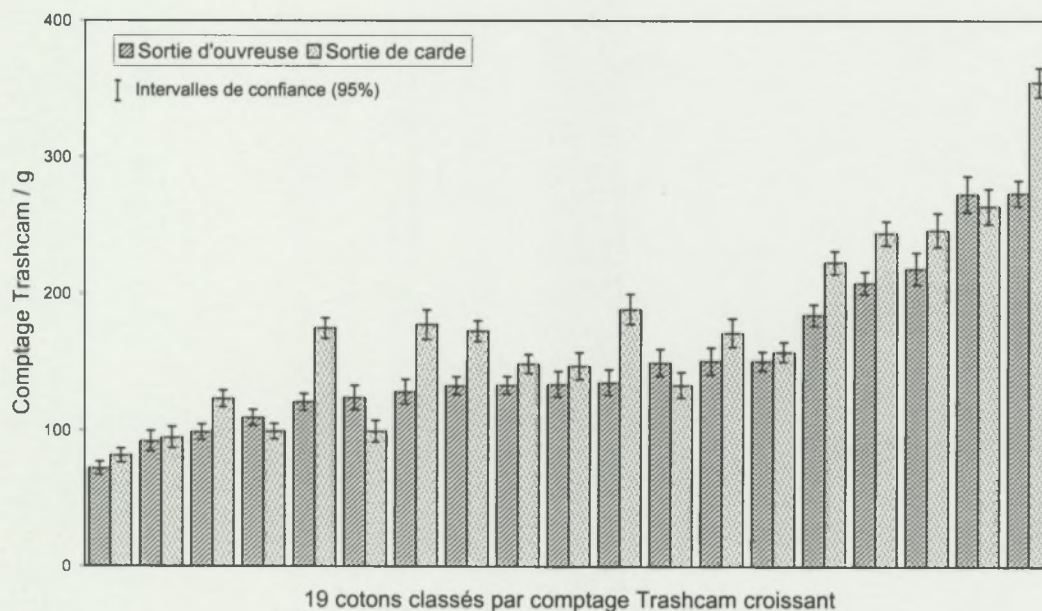


Figure V-14 : Comptages Trashcam / g avant et après passage à la carte.

Globalement, le passage à la carte ne réduit pas de façon significative le nombre de SCF détectés. Pour certains cotons, nous observons au contraire une augmentation de leur nombre.



Deux facteurs de variation sont à considérer pour l'analyse de ces données de comptages. Nous allons nommer :

- ✓ Facteur « cardage » : provenance des voiles testés (2 niveaux : sortie d'ouvreuse ou de carde).
- ✓ Facteur coton : origine des échantillons de fibre (19 niveaux).

La Figure V-14 laisse supposer l'existence d'une possible interaction entre les deux facteurs. En effet la variation du comptage Trashcam après cardage est dépendante du coton.

L'analyse des données ayant montré la non normalité de la distribution et l'hétérogénéité des variances des comptages, une transformation des données est nécessaire pour pouvoir satisfaire aux conditions de l'analyse de variance. La transformation racine carrée généralement utilisée dans le cas des comptages (cf. § III.2.1), n'a pas permis de normaliser les résidus. D'autre part, un éventuel phénomène de fragmentation des SCF lors du passage à la carde pourrait conférer un caractère multiplicatif à l'effet de ce passage sur l'espérance du comptage. Une transformation logarithme apparaît donc plus appropriée pour se ramener à un modèle additif. Cependant, la transformation logarithme ne stabilise pas les variances.

Nous avons donc été amenés à utiliser un modèle spécifique adapté aux comptages avec plusieurs facteurs de variabilité. Il s'agit du modèle Log-Linéaire qui s'adapte parfaitement aux conditions réunies dans cette expérimentation (Gozé et Frydrych, 1997), à savoir :

- Le caractère Poissonien des comptages, en supposant que la fibre soit mélangée convenablement pour que les SCF soient répartis au hasard sans chevauchement ni formation d'agglomérats. Cette hypothèse est justifiée par les multiples étapes de mélange de la fibre effectuées au laboratoire.
- Le caractère multiplicatif du facteur « cardage » dû à l'éventuel phénomène de fragmentation des SCF.
- La variation de la masse des voiles testés peut être, dans le cas d'un modèle Log-Linéaire, prise en compte autrement qu'en ramenant les comptages à l'unité de masse ce qui réduit le biais pouvant être introduit par une trop grande variation. La masse a été introduite dans le modèle comme terme de décalage ou « offset ».

L'analyse statistique a montré une déviance résiduelle 2,88 fois plus élevée que son nombre de degrés de liberté. La loi de distribution des données expérimentales est donc sur-dispersée par rapport à la loi de Poisson. La variance des comptages n'est donc pas égale mais proportionnelle à leur espérance. Cette sur-dispersion est prise en compte dans les tests qui suivent (Tableau V-4).

**Tableau V-4 : Variation du nombre de SCF après cardage, Modèle Log-Linaire (analyse type III).**

Source	DDL	F	Prob>F
Coton	18	53,635	0,0001***
Cardage	1	14,267	0,0002***
Coton * Cardage	18	2,170	0,0042**

L'effet du passage de carde (facteur « cardage ») sur le nombre d'impuretés détectées par Trashcam est très hautement significatif. Cependant, en examinant les moyennes générales avant et après passage à la carde, nous constatons que contrairement à ce qu'on pouvait attendre, cet effet consiste en une augmentation du nombre de SCF.

D'autre part, le terme d'interaction « cardage\*coton » est hautement significatif ce qui montre que tous les cotons ne réagissent pas par une même variation relative du nombre de SCF après cardage (ce que nous avons déjà constaté en examinant les histogrammes des comptages, Figure V-14).

#### V.5.3.1 Variation de la distribution de taille des SCF

La Figure V-15 représente les distributions comparées des surfaces moyennes par voile, des SCF mesurés par Trashcam avant et après passage à la carde.

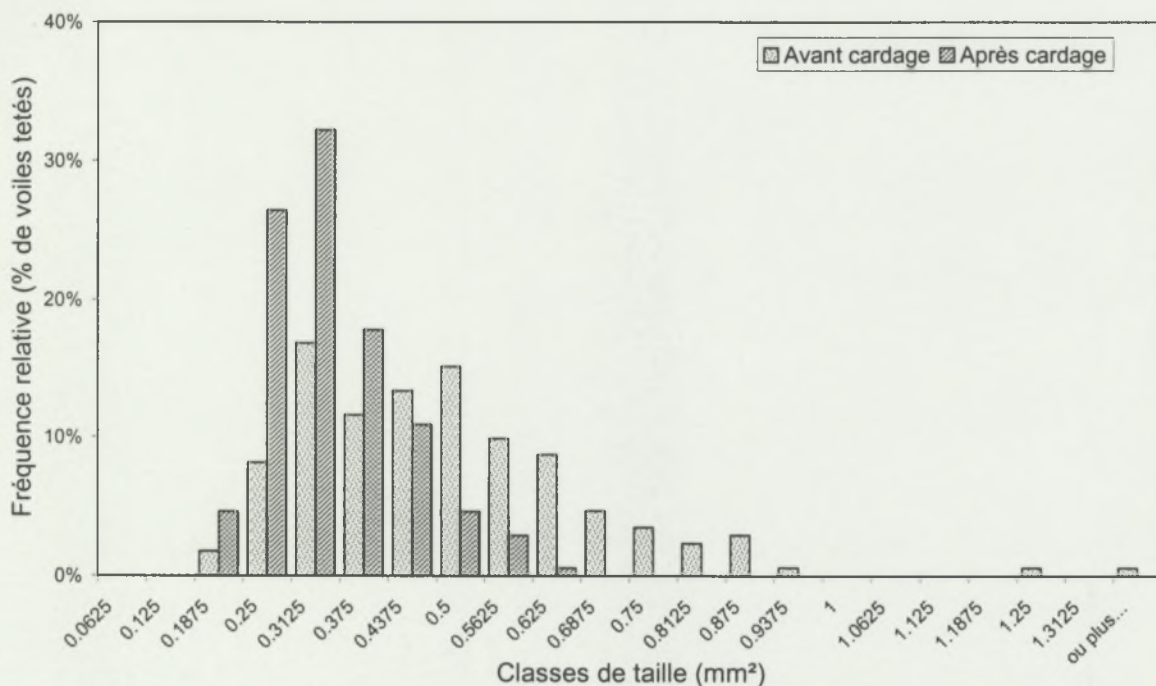


Figure V-15 : Distribution des surfaces moyennes obtenues par Trashcam sur les voiles testés (347 voiles).

L'examen de la taille des SCF, mesurée sur voile de fibre avant et après cardage, montre un décalage de la distribution vers les petites tailles. La taille moyenne des SCF a diminué après cardage. D'autre part, comme mentionné précédemment, le cardage a provoqué une augmentation (plus ou moins importante selon les cotons) du nombre de ces impuretés.

Ce résultat montre l'existence d'un phénomène de fragmentation des SCF au cours du passage à la carde. Cette fragmentation est d'une importance prépondérante, en terme de nombre de SCF, par rapport à l'opération de nettoyage. En effet, le nombre de SCF a augmenté pour la majorité des cotons après cardage.



Ce phénomène de fragmentation, se traduit par une transformation (déformation) de la distribution des surfaces pouvant être propre à chaque coton. Cette transformation peut résumer en même temps la variation des tailles et des nombres des SCF (en considérant la variation des effectifs dans chaque classe de taille).

La manière la plus simple d'étudier cette « transformation », serait de trouver une loi de distribution théorique, avec des paramètres connus, pouvant être ajustée aux données expérimentales dont nous disposons. Une première approche pour la recherche d'une telle loi théorique consiste à étudier la relation entre la variance et la moyenne obtenues à partir des données expérimentales. Nous allons examiner cette relation pour chacun des jeux de données regroupés avant et après cardage.

Les Figures V-16 et V-17 représentent la relation entre le logarithme de la variance et le logarithme de la moyenne des tailles des SCF mesurés par Trashcam, respectivement dans les voiles prélevés avant et après cardage.

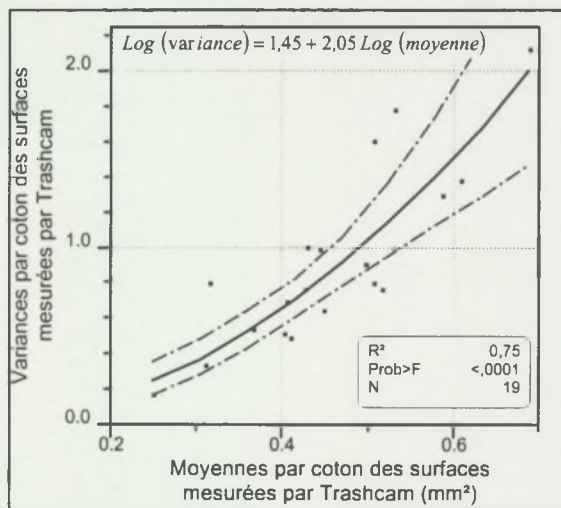


Figure V-16 : Relation entre la variance et la moyenne de la surface en mm<sup>2</sup> des SCF détectés par Trashcam dans les voiles d'ouvreuse.

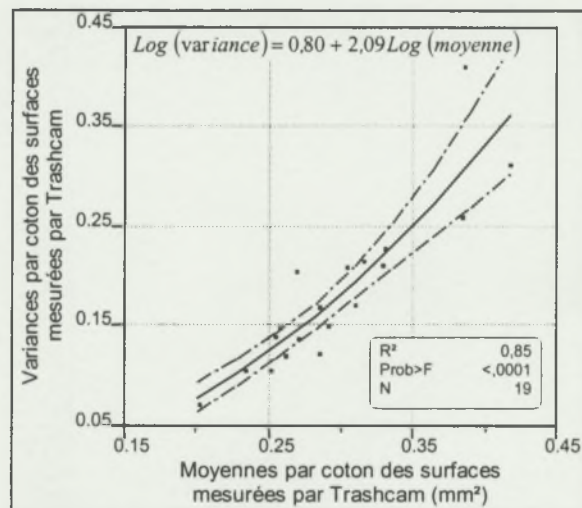


Figure V-17 : Relation entre la variance et la moyenne de la surface en mm<sup>2</sup> des SCF détectés par Trashcam dans les voiles de carde.

La relation obtenue est très hautement significative que ce soit dans le cas des voiles prélevés à la sortie d'ouvreuse ou de carde. Les équations de régression laissent apparaître une relation quadratique entre la variance et la moyenne. La variance des tailles mesurées par Trashcam semble en effet proportionnelle au carré de leur espérance. Il est à noter que dans le cas d'une telle relation, une transformation logarithme est nécessaire pour la stabilisation des variances (Dagnélie, 1975).

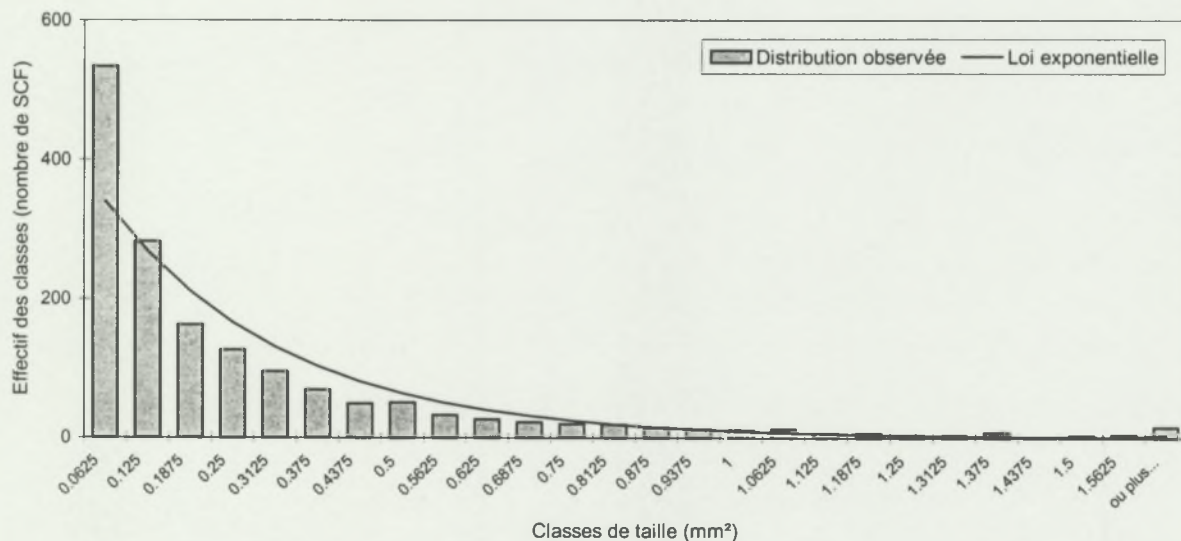
Parmi les lois théoriques de distributions continues, nous avons choisi la loi exponentielle pour laquelle la variance est égale au carré de l'espérance. Le test d'ajustement de Kolmogorov et Smirnov (Dagnélie, 1975; Saporta, 1990) appliqué aux données de surface de chaque traitement a montré que les distributions empiriques ne suivent pas une loi exponentielle (Tableau V-5). En effet, comme le montre la Figure V-18, la distribution empirique semble plus tassée vers la zone des petites tailles que la distribution exponentielle. Un ajustement graphique analogue a également été réalisé sur les voiles

d'ouvruse du même coton. Le même tassement de la distribution vers les petites valeurs a été constaté.

**Tableau V-5 : Test de Kolmogorof<sup>1</sup> et Smirnov ; ajustement de la distribution empirique de la taille des SCF à une loi exponentielle.**

Ouvreuse				Carde		
Coton	N	Valeur critique (0,05)	$D_n$	n	Valeur critique (0,05)	$D_n$
1	545	0,058	0,264	476	0,062	0,150
2	356	0,072	0,283	229	0,090	0,138
3	228	0,090	0,208	155	0,109	0,193
4	374	0,070	0,294	240	0,088	0,195
5	292	0,079	0,287	184	0,100	0,154
6	298	0,079	0,211	319	0,076	0,098
7	238	0,088	0,295	310	0,077	0,202
8	311	0,077	0,227	362	0,071	0,165
9	714	0,051	0,245	546	0,058	0,139
10	535	0,059	0,247	489	0,061	0,170
11	473	0,062	0,260	556	0,058	0,229
12	643	0,054	0,205	868	0,046	0,147
13	326	0,075	0,291	376	0,070	0,191
14	743	0,050	0,287	743	0,050	0,260
15	1083	0,041	0,179	1606	0,034	0,135
16	628	0,054	0,304	727	0,050	0,214
17	859	0,046	0,266	972	0,044	0,195
18	823	0,047	0,280	1063	0,042	0,189
19	651	0,053	0,225	666	0,053	0,158

Région critique au seuil  $\alpha = 0,05$  :  $D_n > \text{valeur critique}$ .



**Figure V-18 : Ajustement graphique à une loi exponentielle de la distribution de la taille des SCF détectés par Trashcam à la sortie de la carde.**

<sup>1</sup> Il s'agit d'un test non paramétrique d'ajustement à une distribution entièrement spécifiée de fonction de répartition  $F(x)$ . Si  $F_n^*(x)$  représente la fonction de répartition empirique d'un n-échantillon, la statistique  $D_n$  est donnée par  $D_n = \sup |F_n^*(x) - F(x)|$ . Au seuil  $\alpha=0,05$  et si  $n>80$ , la région critique est  $D_n > \frac{1,358}{\sqrt{n}}$ .

Ce test a été étendu par Smirnov à la comparaison non paramétrique de deux échantillons indépendants (test bilatéral d'ajustement de Kolmogorov et Smirnov, (Dagnélie, 1975; Saporta, 1990)).



La forme de la distribution empirique des surfaces des SCF laisse apparaître l'effet de la succession de traitements mécaniques subis par la fibre au cours de la transformation. En effet, il est vraisemblable que le tassement de la distribution vers les petites tailles soit la résultante des fragmentations successives des SCF et, par ce fait, de l'accumulation de particules de petite taille au fur et à mesure que le coton avance dans le processus de transformation.

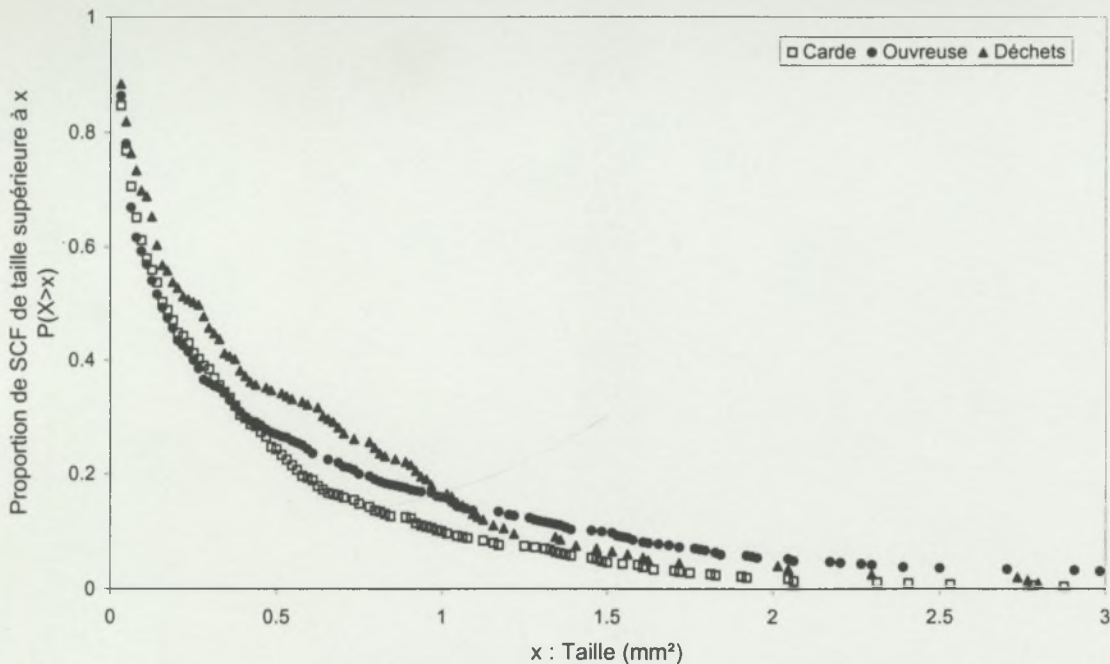
À défaut d'une loi théorique pouvant être ajustée à la distribution des tailles des SCF déterminée par Trashcam, la transformation subie par cette distribution au cours du cardage ne peut pas être exprimée par la voie paramétrique. Il reste cependant la possibilité de déterminer une fonction de transfert entre la distribution empirique avant cardage et celle obtenue après cardage. Pour ce faire, il est nécessaire de prendre en compte la probabilité de fragmentation d'un SCF en fonction de sa taille initiale en même temps que le nombre et la taille probables des particules engendrées par cette fragmentation. Une étude spécifique du mode de fragmentation d'un SCF s'avère donc nécessaire pour une modélisation des phénomènes ayant lieu au cours du cardage.

Ne disposant pas des informations nécessaires concernant le mode de fragmentation d'un SCF, nous allons considérer dans le paragraphe suivant les déchets récupérés sur les chapeaux de la mini-carde. Nous aurons de la sorte, une comparaison complète de la distribution de taille des SCF à l'entrée (dans les voiles d'ouvreuse) et à la sortie de la cardé (dans les déchets et dans les voiles de cardé).

#### V.5.3.2 Les déchets

L'augmentation globale remarquée dans le nombre de SCF après cardage ne signifie pas que la cardé est complètement inefficace dans l'élimination de ce type d'impuretés. En effet, l'examen des déchets récoltés par les chapeaux de cardé révèle la présence d'une importante quantité de SCF. Considérer uniquement la variation du nombre de SCF ne permet donc pas de mettre en évidence cet effet de nettoyage, qui est indiscutablement présent au cardage. Il est donc nécessaire de tenir compte de la variation importante de la distribution des tailles des SCF.

Comme précédemment mentionné, des échantillons de déchets ont été récupérés aux chapeaux de cardé. Une analyse sur Trashcam, après une ouvraison manuelle des déchets, a permis de mesurer la taille des SCF qui y sont présents et de comparer sa distribution à celles obtenues sur la fibre avant et après cardage. Nous avons représenté cette comparaison sur la *Figure V-19* sous forme de diagramme de survie (cf. § IV.3.2.3). Cette figure concerne uniquement un coton de la gamme testée, sachant que 15 des 19 échantillons de la gamme ont montré la même forme des courbes représentées.



**Figure V-19 : Distribution de la taille des SCF présents dans la fibre avant et après cardage et dans les déchets des chapeaux de la mini-carde.**

La première constatation que nous pouvons formuler, à partir du graphique ci-dessus, concerne le décalage, que nous avons déjà mentionné (*cf. Figure V-15*), entre les deux distributions de tailles des SCF détectés dans la fibre avant et après cardage.

Quant à la distribution de la taille des SCF détectés dans les déchets des chapeaux, le décalage est plus complexe. En effet, pour les petites valeurs de surface mesurée par Trashcam ( $x < 1 \text{ mm}^2$  pour ce coton), le diagramme représentant la distribution des tailles des déchets est décalé vers la droite par rapport à celui des SCF avant cardage. À partir d'une taille donnée ( $1 \text{ mm}^2$ , dans ce cas), les deux diagrammes s'entrecroisent et le décalage observé est inversé.

Ces constatations mettent en évidence le phénomène de fragmentation des SCF pendant le cardage. En effet, la taille des SCF présents à l'entrée de la carde s'étend sur une gamme plus large que celle des SCF présents après cardage que ce soit dans le voile de carde ou dans les déchets des chapeaux : il y a relativement plus de gros SCF à la sortie de l'ouvreuse (avant cardage) que dans les voiles et les déchets de carde. D'autre part, les déchets contiennent plus de gros SCF que la fibre à la sortie de carde (décalage à droite pour  $x < 1 \text{ mm}^2$ ), ce qui pourrait traduire une élimination plus facile des SCF de taille importante.

À partir de ces résultats, nous pouvons émettre l'hypothèse suivante : les SCF introduits dans la carde commencent par être fragmentés, d'où la disparition complète des SCF de taille importante qui sont détectés à l'entrée de la carde mais qui ne sont retrouvés ni dans les déchets ni dans les voiles de carde. D'autre part, parmi les particules résultantes de cette fragmentation, les chapeaux ont tendance à mieux accrocher les plus grosses.

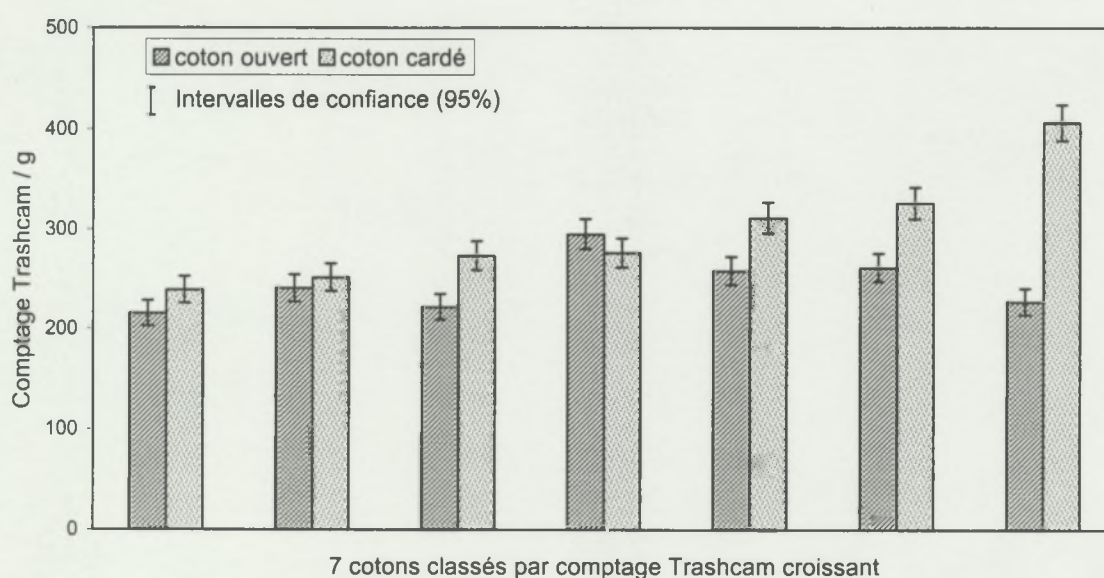


### V.5.3.3 Essais sur carte industrielle

Les résultats obtenus sur la mini-carte ont montré que le phénomène de fragmentation des SCF est d'une importance prédominante par rapport à l'action de nettoyage. En effet, le passage à la mini-carte s'est soldé par une augmentation du nombre de SCF et notamment dans les classes de petite taille.

Afin de vérifier que ces résultats ne relèvent pas d'une inaptitude à l'élimination des SCF spécifique à la mini-carte, sept échantillons issus d'un matériel industriel ont été testés sur Trashcam.

La *Figure V-20* rapporte les comptages des SCF par Trashcam obtenus sur les échantillons prélevés avant et après passage à la carte industrielle.



**Figure V-20 : Comptage Trashcam avant et après cardage  
(échantillons prélevés sur matériel industriel)**

Le nombre de SCF détectés par Trashcam a augmenté significativement après cardage pour quatre des sept échantillons étudiés. L'effet de la carte industrielle sur le nombre de ces particules semble donc analogue à ce que nous avons obtenu à l'issue des essais en laboratoire.

Nous avons représenté sur la *Figure V-21* la variation, due au cardage, de la taille moyenne des SCF telle qu'elle est mesurée par Trashcam. La *Figure V-22* rapporte, quant à elle, les distributions comparées de la taille des SCF détectés avant et après cardage pour chacun des sept cotons.

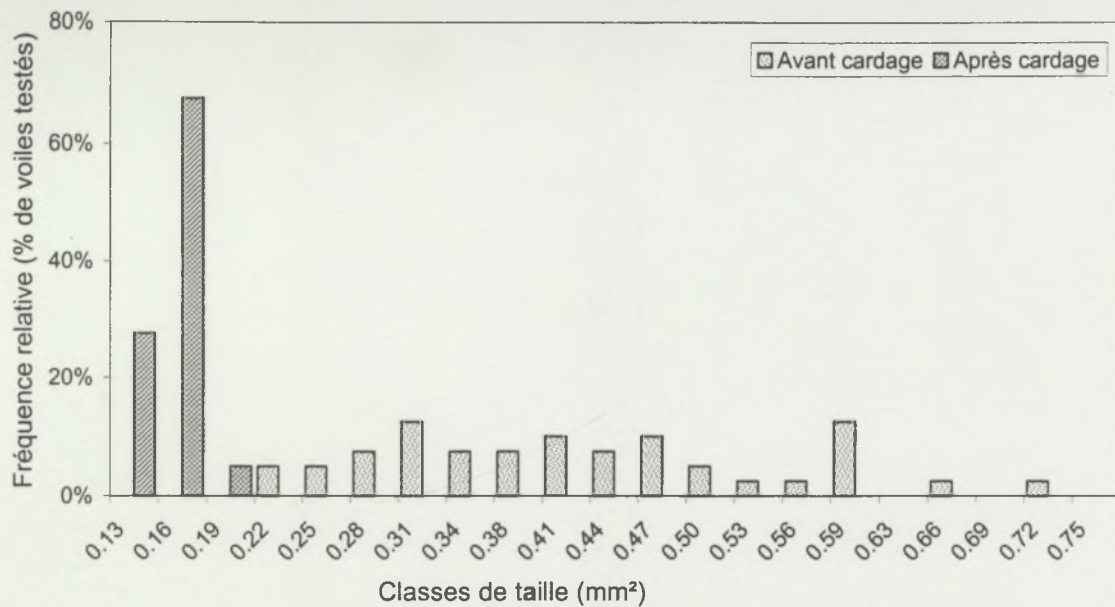


Figure V-21 : Distribution des surfaces moyennes obtenues par Trashcam sur les voiles testés (échantillons prélevés sur matériel industriel).

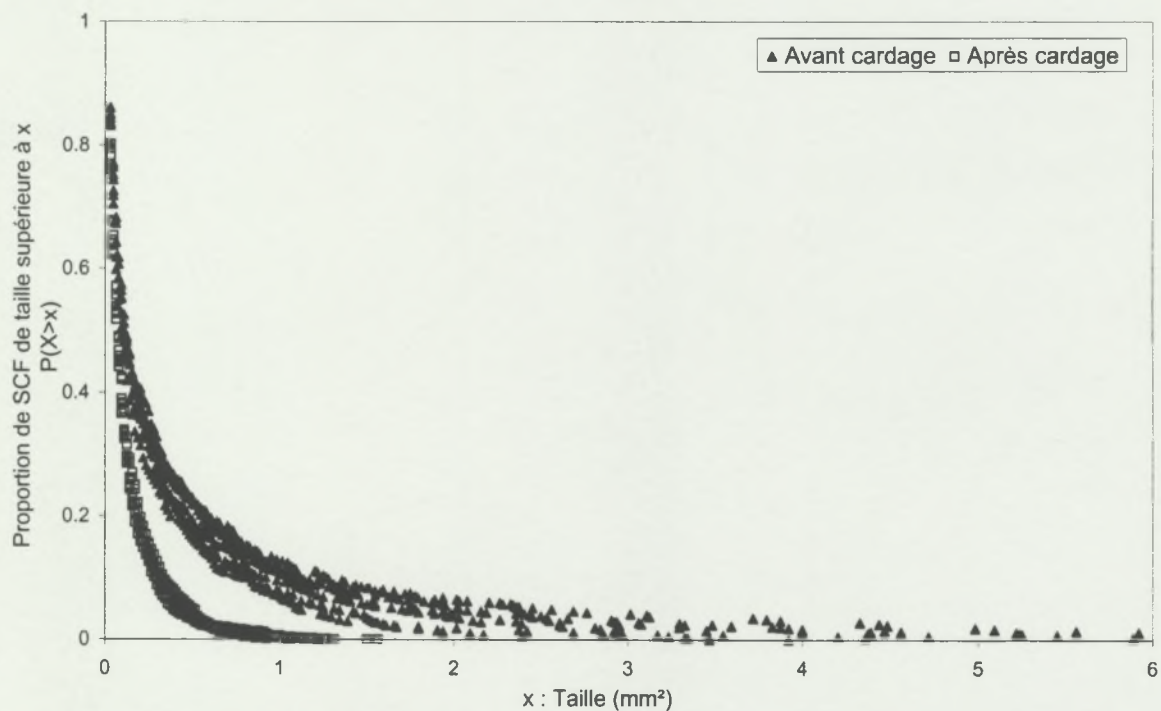


Figure V-22 : Distribution de la taille de SCF présents dans la fibre avant et après cardage (échantillons prélevés sur matériel industriel).

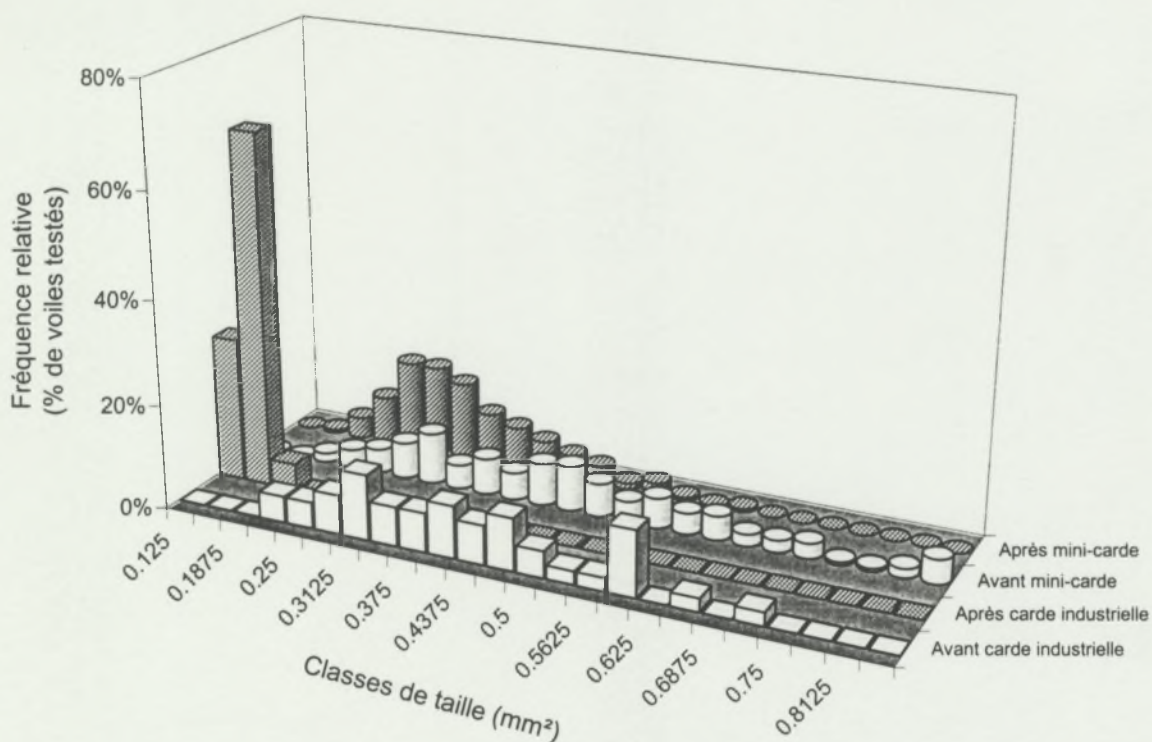
Comme nous pouvons le constater sur la *Figure V-21*, la taille moyenne des SCF a nettement diminué après cardage. Le décalage observé, également visible sur la *Figure V-22*, semble plus accentué que dans le cas de la mini-carde. En effet, les deux distributions s'étendent sur deux gammes distinctes qui ne se chevauchent pas (*Figure V-21*).



Nous avons regroupé dans la *Figure V-23* les données obtenues pour chacun des prélèvements (mini-carde : *Figure V-15*, et carte industrielle : *Figure V-21*). Bien que les échantillons testés ne proviennent pas des mêmes lots de fibres, les tailles moyennes des SCF avant cardage s'étendent sur des gammes similaires.

Le décalage après cardage, de la distribution des tailles moyennes des SCF, est présent dans le cas de la mini-carde comme dans le cas de la carte industrielle. Toutefois, la *Figure V-23* illustre un effet plus prononcé sur la taille des SCF dans le cas de la carte industrielle. Ceci pourrait être affecté à la différence de vitesse entre le matériel de laboratoire et le matériel industriel<sup>1</sup>. En effet, dans le second cas, l'agression mécanique à laquelle les SCF sont soumis est plus importante.

Les résultats obtenus sur les échantillons prélevés sur du matériel industriel confirment donc les tendances observées en laboratoire.



**Figure V-23 : Distributions comparées de la taille moyenne par voile des SCF détectés par Trashcam avant et après passage à la mini-carde et à la carte industrielle.**

<sup>1</sup> Il est à noter qu'aucune pression n'a été appliquée au niveau des rouleaux écraseurs utilisés pour pulvériser les impuretés à la sortie de la carte industrielle.

## V.6 BANC D'ETIRAGE

Pendant l'étirage, aucune opération de nettoyage n'est exercée sur la matière. Tous les SCF présents dans la fibre vont donc être conservés jusqu'à l'alimentation du continu à filer et se retrouver dans le fil. Les analyses Trashcam réalisées sur la fibre prélevée à la sortie du banc d'étirage (avant la condensation en ruban) ont donc été limitées à dix des dix-neuf cotons de la gamme.

La Figure V-24 représente la relation entre les comptages obtenus par Trashcam sur voile de cardé et sur ruban d'étirage. Les tests de comparaison de variances réalisés sur les données transformées racine carrée ont montré que celles-ci étaient non différentes. Les paramètres de la régression linéaire entre les deux comptages sont reportés dans le Tableau V-6. Le Tableau V-7 rapporte quant à lui les résultats de la comparaison non paramétrique (test de Wilcoxon) entre les distributions de taille des SCF détectés avant et après étirage pour chacun des dix cotons.

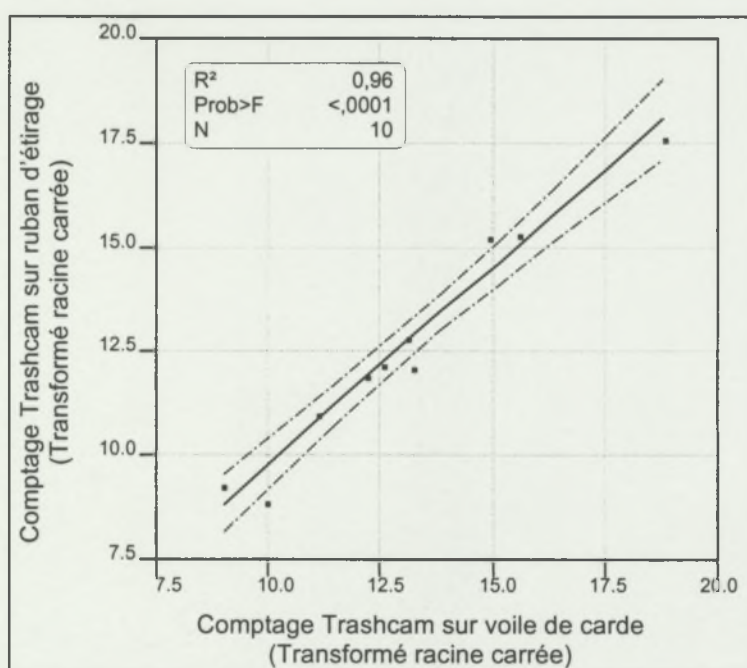


Figure V-24 : Relation entre le comptage Trashcam dans le ruban d'étirage (avant condensation) et dans le voile de cardé.

Tableau V-6 : Estimation des paramètres de régression linéaire (comptage Trashcam sur ruban d'étirage vs. voile de cardé, transformés racine carrée)

Terme	Estimation	T Ratio	Prob> t	Limite inférieure 95%	Limite supérieure 95%
Origine	0,402	0,47	0,651	-1,572	2,376
Pente	0,94	14,64	<0,0001	0,792	1,09

La Figure V-24 fait état d'une corrélation très hautement significative entre le nombre de SCF détectés par Trashcam dans la fibre prélevée avant et après étirage. Comme le montrent les paramètres de la régression linéaire (Tableau V-6), l'ordonnée à l'origine est non différente de 0 et la pente non différente de 1 au niveau de confiance de 95%. Notons

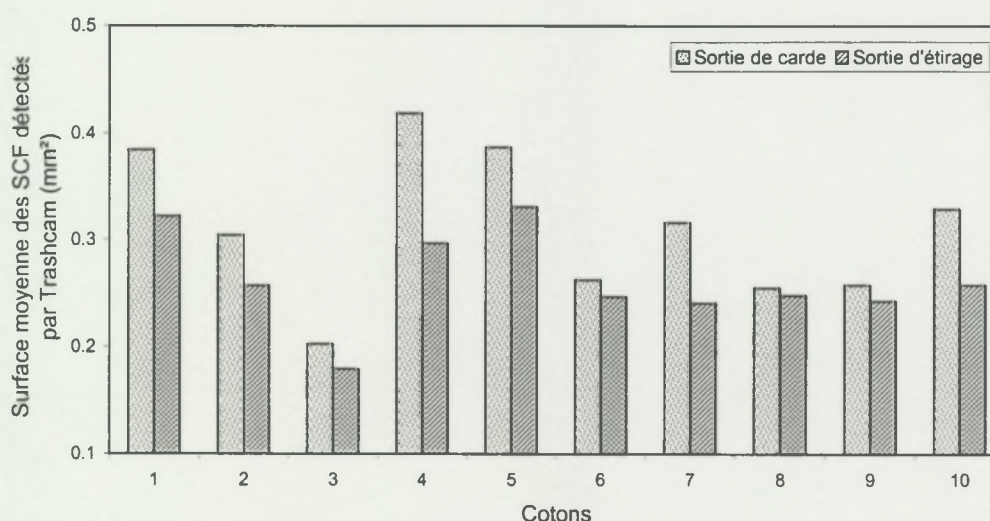


qu'un test de comparaison par observations appariées a également été réalisé sur les données transformées racine carrée et a confirmé que le couple (pente, ordonnée à l'origine) est non différent de (1, 0).

**Tableau V-7 : Test de Wilcoxon ; comparaison de la taille des SCF détectés par Trashcam dans le ruban d'étirage et dans le voile de carde.**

Coton	Ddl	$\chi^2$	Prob> $\chi^2$
1	1	0,625	0,429 ns
2	1	0,695	0,404 ns
3	1	0,093	0,759 ns
4	1	5,567	0,018 *
5	1	0,051	0,821 ns
6	1	0,973	0,324 ns
7	1	0,851	0,356 ns
8	1	0,002	0,967 ns
9	1	0,011	0,916 ns
10	1	9,328	0,002 **

La comparaison des distributions de surface des SCF détectés avant et après étirage (Tableau V-7) met en évidence une différence significative pour seulement deux des dix cotons testés (notés 4 et 10). Toutefois, en examinant les tailles moyennes obtenues, nous observons une diminution systématique (mais globalement non significative) de la taille pour tous les échantillons (Figure V-25).



**Figure V-25 : Surface moyenne (mm²) des SCF détectés par Trashcam avant et après passage au banc d'étirage.**

Il serait donc possible que l'étirage puisse réduire la taille des SCF par une fragmentation probable sous l'action de la pression exercée par les trains d'étirage. Néanmoins, cet effet reste très limité si bien qu'il n'y a eu de variation significative ni du nombre des particules détectées ni de leur distribution de taille pour la majorité des cotons testés.

## V.7 FILAGE ET QUALITE DU FIL

La gamme de 19 cotons, ayant servi à la détermination de l'effet de la carte sur la quantité et la distribution de taille des SCF, a été filée en RS 20 tex. Pour des raisons pratiques, seuls 15 des 19 cotons ont été filés en 27 et 37 tex.

Dans la suite de cette étude, nous allons examiner la relation entre les SCF détectés et caractérisés dans le voile de carte et les résultats de quantification et de caractérisation de ces mêmes SCF dans le fil. Différentes méthodes ont été utilisées ; nous commencerons par étudier les résultats fournis par l'analyse Trashcam sur voile de carte et fil, puis nous aborderons les aspects régularimétriques du fil.

### V.7.1 Analyse Trashcam sur plaquettes de fil

Comme mentionné dans le précédent chapitre, l'analyse Trashcam a été mise au point et validée pour la détection des SCF sur les plaquettes de fil 20 tex. Les filés 27 et 37 tex ont un relief plus important sur la plaquette. Dès lors, il s'est avéré nécessaire d'adapter le paramétrage de Trashcam pour l'analyse de ces filés afin de garantir la disparition des ombres du fil. En conservant les mêmes conditions d'analyse que pour les filés 20 tex (résolution, longueur de fil testé, tolérance en niveau de gris), un contraste de prise d'image a été fixé pour chacun des deux titres (220 pour le fil 27 tex et 230 pour le fil 37 tex contre 206 pour le fil 20 tex). Les nouveaux paramètres ont été validés par des comptages visuels (Figures V-26 et V-27). L'étude de la régression linéaire entre les deux comptages est représentée au Tableau V-8.

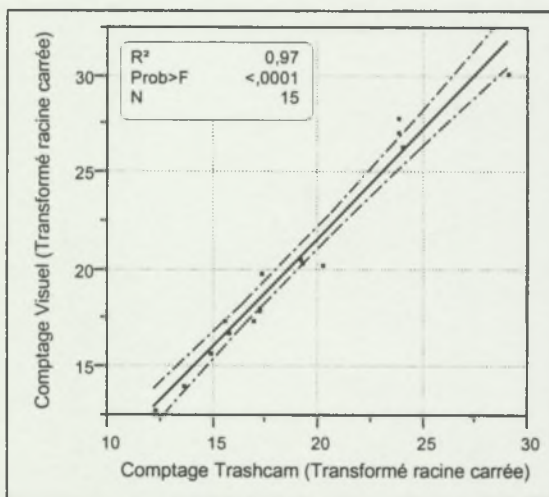


Figure V-26 : Relation entre le comptage visuel et le comptage Trashcam sur plaquettes de fil RS 27 tex.

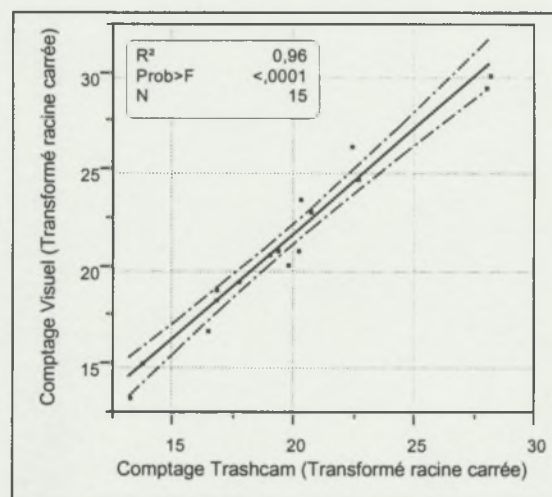


Figure V-27 : Relation entre le comptage visuel et le comptage Trashcam sur plaquettes de fil RS 37 tex.



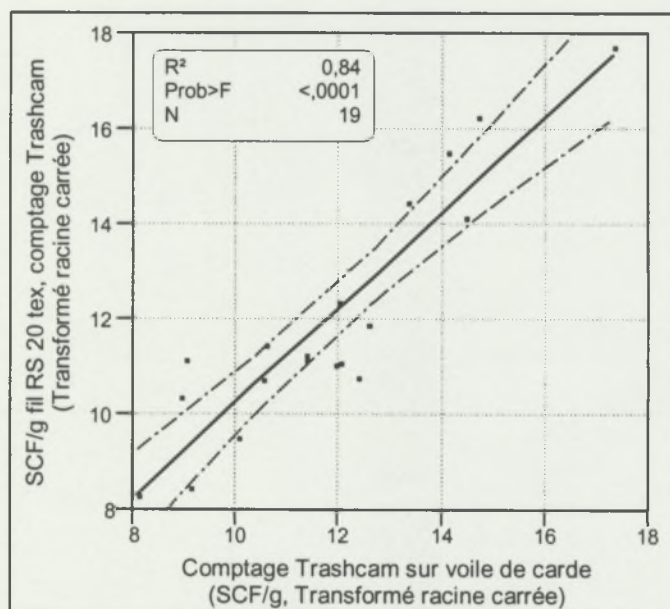
**Tableau V-8 : Estimation des paramètres de régression linéaire (comptage visuel vs. comptages Trashcam sur plaquettes de fil RS 27 et 37 tex).**

Terme	27 tex		37 tex	
	Origine	Pente	Origine	Pente
Estimation	-0,813	1,122	0,44	1,07
T Ratio	-0,73	19,54	0,36	17,78
Prob> t	0,48	<0,0001	0,722	<0,0001
Limite inférieure 95%	-3,18	0,99	-2,16	0,945
Limite supérieure 95%	1,56	1,24	3,049	1,204

Comme pour le fil 20 tex, les comptages Trashcam sont également très proches de la référence visuelle dans le cas des filés RS 27 et 37 tex. En effet, la relation entre les deux comptages est très hautement significative, les ordonnées à l'origine sont statistiquement non différentes de 0 et les pentes non différentes de 1.

### V.7.2 Relation entre les analyses Trashcam sur voile de carde et sur plaquettes de fil

Les Figures V-28, V-29 et V-30 représentent les relations entre la quantité de SCF présents dans la fibre à la sortie de la carde (Trashcam sur voiles) et celle détectée par Trashcam sur les plaquettes de fil RS 20, 27 et 37 tex, respectivement. Les différents comptages ont été ramenés au nombre de SCF par unité de masse afin de permettre la comparaison entre le voile et le fil. Le Tableau V-9 rapporte l'estimation des paramètres des régressions linéaires correspondantes.



**Figure V-28 : Relation entre les comptages Trashcam sur fil RS 20 tex et sur voiles de carde.**

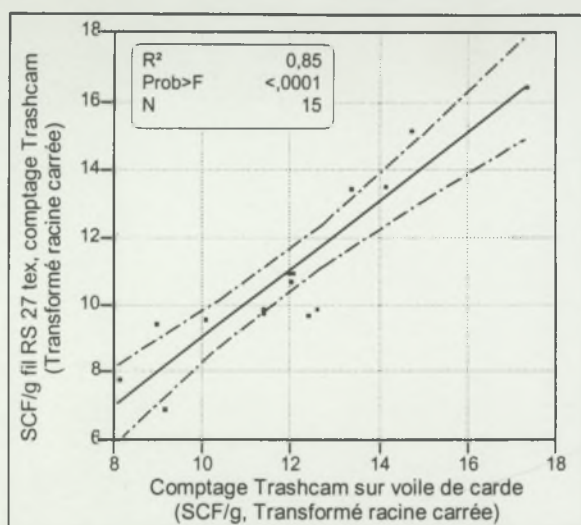


Figure V-29 : Relation entre les comptages Trashcam sur fil RS 27 tex et sur voiles de carde.

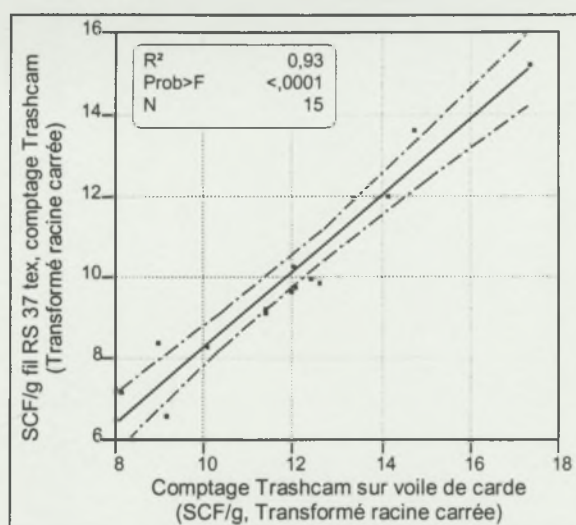


Figure V-30 : Relation entre les comptages Trashcam sur fil RS 37 tex et sur voiles de carde.

Tableau V-9 : Estimation des paramètres de régression linéaire (comptage Trashcam sur plaquettes de fil RS 20, 27 et 37 tex vs. comptages Trashcam sur voiles de carde).

	20 tex		27 tex		37 tex	
Terme	Origine	Pente	Origine	Pente	Origine	Pente
Estimation	0,235	0,998	-1,038	1,007	-1,034	0,933
T Ratio	0,19	9,57	-0,73	8,58	-1,18	12,99
Prob> t	0,853	<0,0001	0,48	<0,0001	0,258	<0,0001
Limite inférieure 95%	-2,41	0,778	-4,13	0,754	-2,925	0,778
Limite supérieure 95%	2,88	1,218	2,05	1,26	0,856	1,088

Les relations entre le nombre de SCF dans les fils 20, 27 et 37 tex d'une part et dans le voile de carde d'autre part, sont très hautement significatives. Les paramètres de régression linéaire montrent, dans le cas de chaque titre étudié, une ordonnée à l'origine non différente de 0 et une pente non différente de 1. La quantité de SCF retrouvés dans le fil semble donc très proche, voire identique, à celle présente dans la fibre à la sortie de la carde et ce indépendamment du titre du fil.

Cependant, en testant la différence entre les comptages transformés racine carrée (échantillons associés par paires<sup>1</sup>, Tableau V-10), nous pouvons constater des différences significatives selon le titre du fil.

Tableau V-10 : Comparaison par observations appariées, quantité de SCF dans le voile de carde – quantité de SCF dans le fil (SCF/g, transformés racine carrée).

	20 tex	27 tex	37 tex
Différence moyenne	-0,21	0,95	1,84
t-Ratio	-0,935	3,62	11,11
DDL	18	14	14
Prob> t	0,36 (ns)	0,0028 **	<0,0001 ***

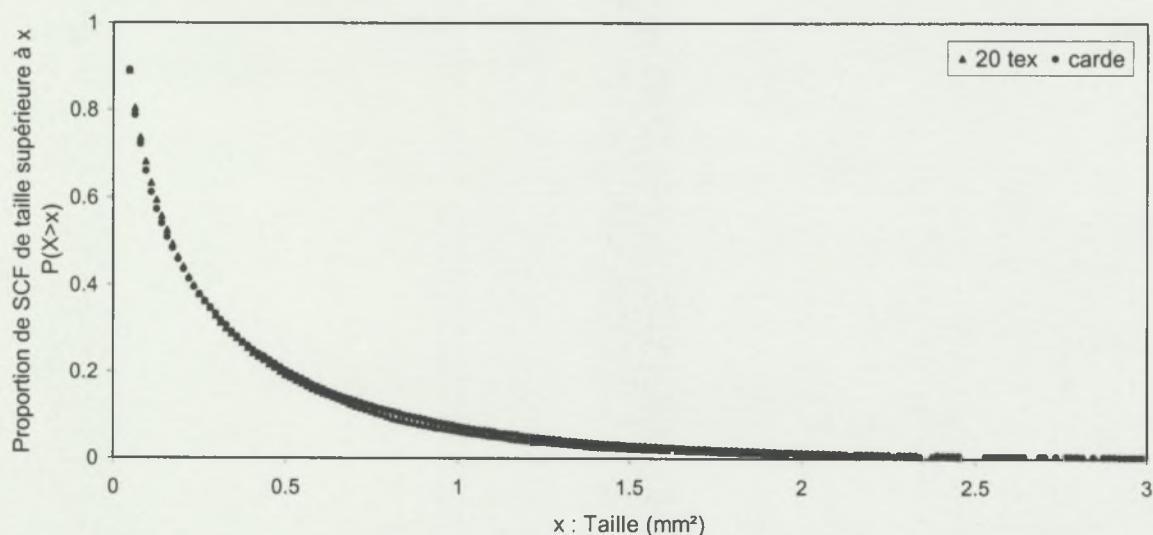
<sup>1</sup> Nous avons préféré l'utilisation de cette méthode, dont les conditions d'application sont vérifiées (notamment la normalité de la population des différences testées), à celle des contrastes qui aboutit néanmoins aux mêmes conclusions.



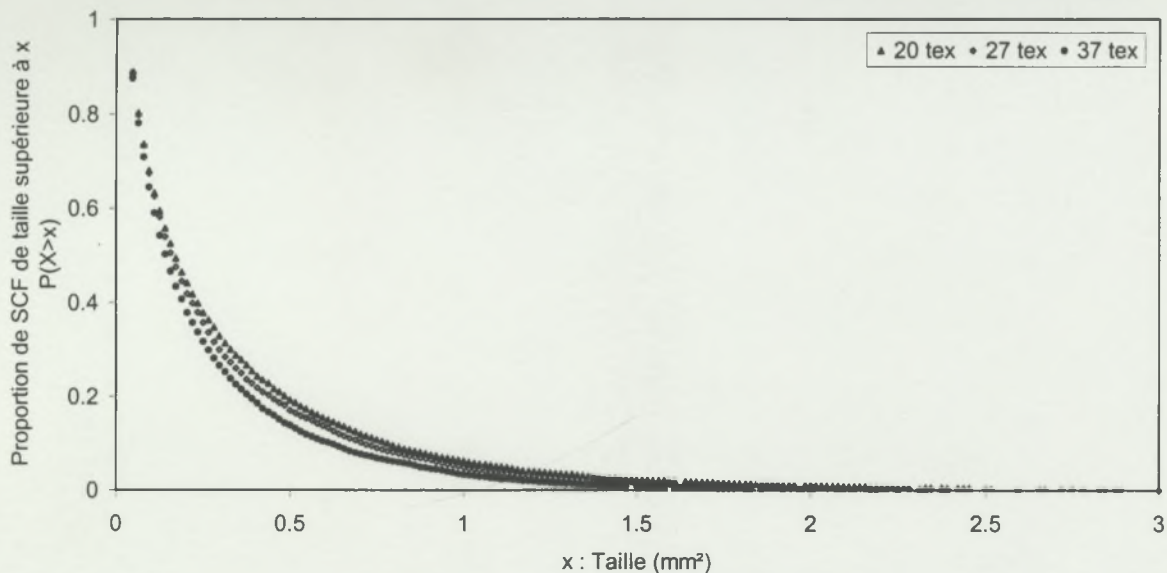
Les comparaisons du *Tableau V-10* confirment que la quantité de SCF présents dans le fil RS 20 tex est non différente de celle détectée dans le voile de carde. En revanche, dans le cas des fils 27 et 37 tex, nous détectons légèrement moins de SCF dans le fil que dans la fibre, la différence étant d'autant plus importante que le fil est gros. En effet, la différence moyenne en pourcentage de nombre de SCF détectés par unité de masse de la matière est de 11% pour le fil RS 27 tex et de 28% pour le fil 37 tex.

Les différences constatées entre les comptages des SCF dans le voile de carde et dans les fils sont également observées pour la mesure de la taille. En effet, comme le montre la *Figure V-31*, la distribution de taille des SCF détectés dans le fil RS 20 tex est quasi-identique à celle obtenue par la mesure sur voile de carde. En revanche, en examinant les distributions de taille obtenues pour chacun des trois titres (*Figure V-32*), nous observons un léger décalage vers les petites tailles avec l'augmentation du titre du fil.

Notons que les tests de comparaison appliqués aux données de taille mesurées par Trashcam (test de Wilcoxon) montrent bien une différence non significative entre la taille des SCF présents dans le voile de carde et dans le fil 20 tex ; tandis que pour les fils 27 et 37 tex la différence est significative.



**Figure V-31 : Distribution de la taille des SCF détectés par Trashcam dans les voiles de carde et sur plaquettes de fil RS 20 tex.**

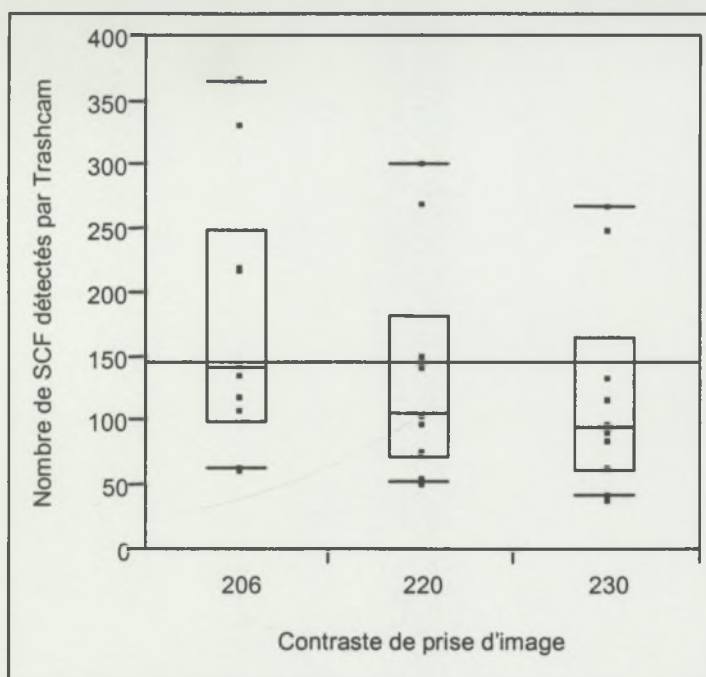


**Figure V-32 : Distribution de la taille des SCF détectés par Trashcam sur les plaquettes de fil RS 20, 27 et 37 tex.**

Pour expliquer ces constatations, nous pouvons émettre deux hypothèses :

- Les filés 27 et 37 tex, ayant un diamètre plus important que le 20 tex, pourraient avoir tendance à masquer une partie des SCF. S'agissant d'une mesure de la taille apparente des SCF, la distribution est décalée vers les petites valeurs pour des gros titres de fil. Le comptage est également influencé par ce décalage étant donné que les SCF de petite taille seront détectés plus difficilement.
- La différence dans la quantité et la distribution de taille des SCF détectés dans des filés de titres différents pourrait également être due à la modification du contraste de prise d'image nécessitée par l'apparition des ombres du fil pour le 27 et le 37 tex. En effet, l'augmentation du contraste entre les SCF et le fond de l'image est de nature à réduire le nombre de pixels pouvant être affectés aux impuretés, ce qui se traduit par une diminution du nombre d'impuretés détectées. Des essais comparatifs des trois contrastes ont été réalisés sur des plaquettes de fil 20 tex provenant de 5 cotons. Les mêmes plaquettes ont été testées avec des contrastes de prise d'image de 206, 220 et 230. Les résultats montrent clairement une diminution du nombre de SCF détectés avec l'augmentation du contraste (Figure V-33).





**Figure V-33 : Effet de la modification du contraste sur le comptage Trashcam sur plaquettes de fil 20 tex (diagrammes en boîte, cf. § IV.1.2.1)**

Quelle que soit l'hypothèse à prendre en compte pour expliquer les différences de quantité de SCF entre filés de titres différents, il est vraisemblable qu'il s'agit d'une diminution due à une détection plus difficile des particules dans des filés de gros titre. Dès lors, il apparaît que la totalité des SCF présents dans la fibre à la sortie de carde se retrouve dans le fil quel que soit le titre de ce dernier. En effet, aucune modification quantitative ou qualitative n'affecte la gamme des SCF après cardage<sup>1</sup>. La quantification précise des SCF pouvant se retrouver dans le fil RS devient, avec Trashcam, possible dès le passage à la carde.

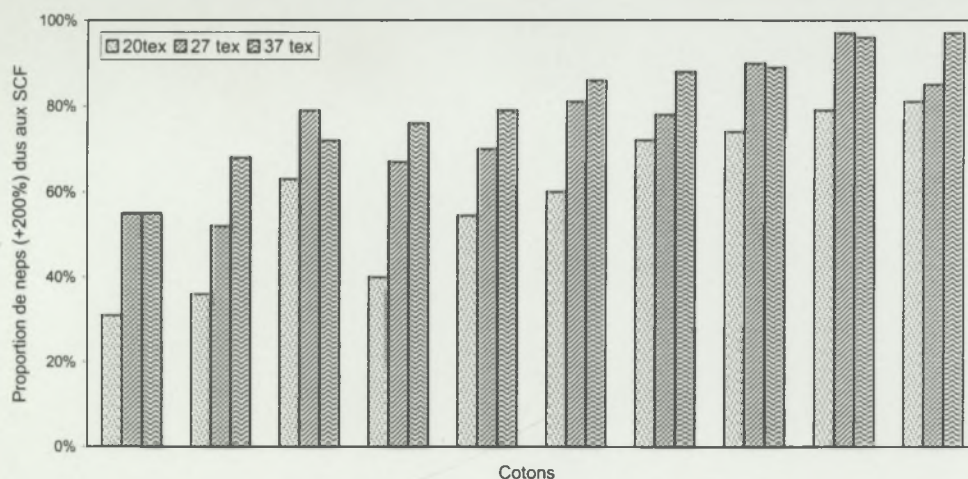
Ces résultats confirment l'importance de la carde en tant qu'étape essentielle dans la détermination de la contamination du fil par les SCF et, par conséquent, l'intérêt que pourrait revêtir le contrôle des phénomènes de fragmentation-nettoyage qui ont lieu pendant le cardage et que nous avons mis en évidence à l'aide de Trashcam (cf. § V.5.3).

### V.7.3 Analyses détaillée des défauts régularimétriques du fil

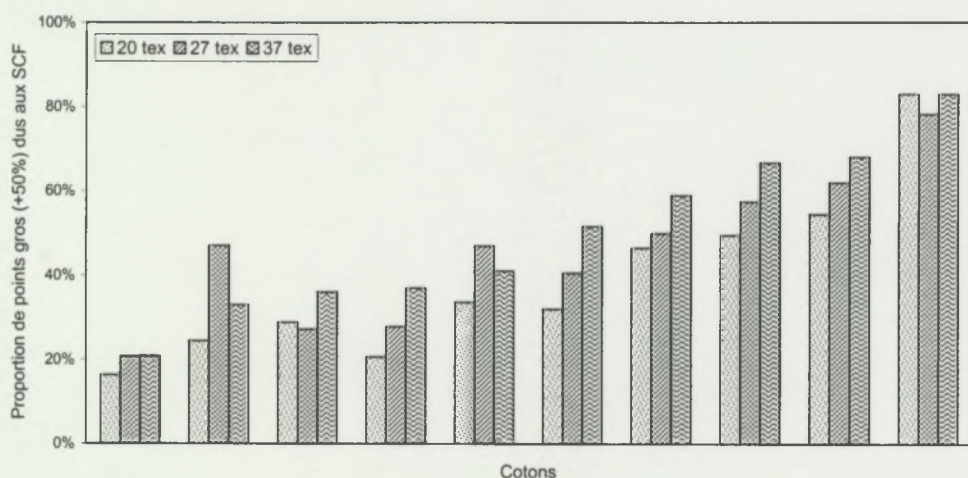
#### V.7.3.1 Contribution des SCF dans les défauts du fil

Les Figures V-34 et V-35 rapportent les résultats de l'analyse détaillée des neps (au seuil +200%) et des points gros (au seuil +50%) obtenus dans les conditions précisées au § V.2.2. Les données sont exprimées en pourcentage de défauts dus à la présence d'un SCF. Dix cotons filés en trois titres (20, 27 et 37 tex) ont fait l'objet de cette analyse détaillée.

<sup>1</sup> Rappelons qu'il s'agit de filature RS en cycle cardé.



**Figure V-34 : Décomposition de la nepposité du fil pour les trois titres ; contribution relative (%) des SCF dans les neps détectés au seuil +200%.**



**Figure V-35 : Décomposition des points gros (+50%) du fil RS 20, 27 et 37 tex ; contribution relative des SCF (%).**

Selon le coton et le titre du fil, la proportion de neps +200% provoqués par des SCF varie pour notre gamme entre environ 30 et 97% (Figure V-34). Pour les points gros (+50%), cette proportion semble moins importante que pour les neps, mais varie toutefois entre 16 et 83%. La relation constatée au Chapitre III (cf. § III.2.5) entre les SCF et les points gros du fil est donc confirmée. Les SCF ne sont pas seulement liés aux défauts courts mais sont en plus à l'origine d'une proportion significative des défauts longs du fil.

En examinant les figures ci-dessus, nous pouvons également constater que pour la majorité des échantillons, la proportion de défauts régularimétriques due aux SCF a tendance à augmenter avec le titre du fil, notamment dans le cas des neps. La différence entre les proportions obtenues pour chaque titre du fil a été testée par une analyse de



variance réalisée sur les données transformées<sup>1</sup>. Les résultats ont montré une augmentation significative avec le titre du fil de la contribution des SCF dans chacun des types de défauts régularimétriques examinés en analyse détaillée. Les SCF semblent donc avoir une contribution relative plus importante, par rapport au comptage global donné par UT3, dans les défauts du fil pour des gros titres.

Nous allons considérer à présent le nombre, et non plus le pourcentage, de neps +200% (Figure V-36) et de points gros +50% (Figure V-37) jugés à l'issue de l'analyse détaillée des défauts du fil comme étant provoqués par des SCF.

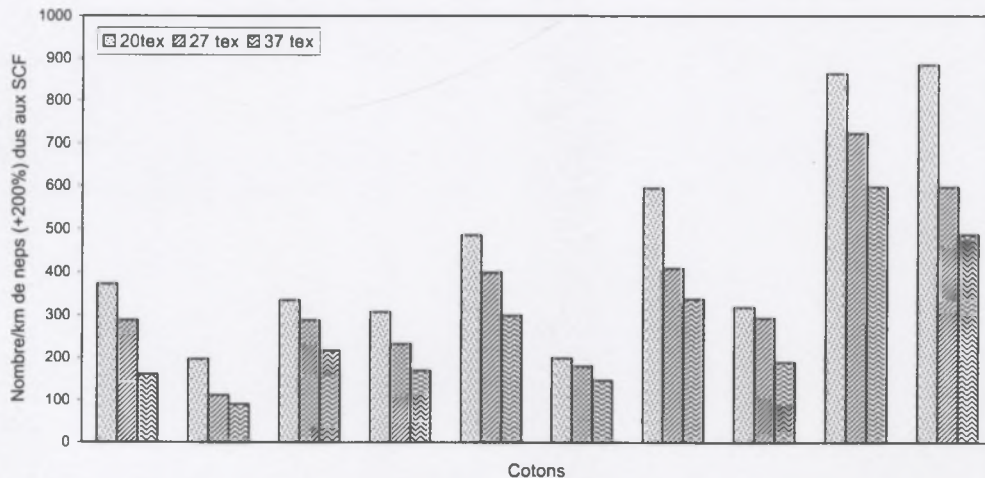


Figure V-36 : Nombre/km des neps +200% provoqués par des SCF pour les trois titres du fil.

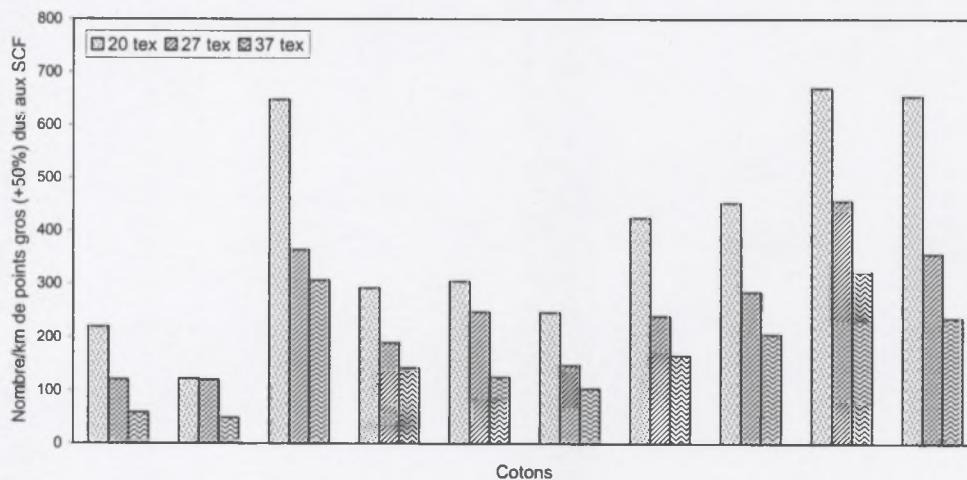


Figure V-37 : Nombre/km des points gros +50% provoqués par des SCF pour les trois titres du fil.

<sup>1</sup> La stabilisation de la variance d'un pourcentage  $P$  est obtenue par une transformation  $\text{Arcsin}\sqrt{P}$  (Saporta, 1990).

En considérant le nombre des défauts provoqués par les SCF (neps ou points gros), la tendance par rapport au titre est inversée. Il y a, en effet, une diminution de ce nombre avec l'augmentation du titre du fil. Ceci est dû à la diminution globale du nombre de défauts régularimétriques du fil détectés aux mêmes seuils de sensibilité pour les trois titres du fil. Cette diminution semble moins toucher les SCF que le reste des sources d'imperfections du fil, d'où l'augmentation observée pour les proportions.

Contrairement à Trashcam, l'analyse régularimétrique ne rend donc pas compte de la présence dans le fil, quelque soit le titre de ce dernier, de tous les SCF détectés dans la fibre après cardage. L'application des seuils de sensibilité, en terme de variation de la masse du fil (%), tend à réduire la quantité de SCF détectés par l'analyse détaillée sur UT3. En outre, cette réduction est d'autant plus importante que le fil est plus gros.

#### V.7.3.2 Caractérisation par Trashcam des SCF associés aux imperfections régularimétriques du fil

Comme mentionné au § V.2.2, une partie des SCF repérés en analyse détaillée des défauts du fil (neps et points gros) a été prélevée pour la détermination de leur taille sur Trashcam<sup>1</sup>. Notons que les SCF prélevés de la sorte ont été identifiés sur le régularimètre comme étant des neps (défauts courts) ou des points gros (défauts longs). Trente SCF ont été prélevés pour chaque combinaison « coton\*titre\*type de défaut », ce qui représente 300 SCF ayant engendré des neps et 300 SCF ayant provoqué des points gros pour chacun des titres du fil. Ainsi, nous avons obtenu pour chaque titre étudié une distribution de taille des SCF associés aux neps d'une part et aux points gros d'autre part. Un examen au microscope a également été réalisé sur les prélèvements.

Les distributions de taille obtenues pour chaque type de défaut et pour chacun des trois titres ont été comparées aux distributions des gammes globales correspondantes obtenues par l'analyse Trashcam sur plaquettes de fil. Nous avons résumé ces comparaisons sur les *Figures V-38, V-39 et V-40* correspondant à chacun des titres du fil (20, 27 et 37 tex). Nous avons conservé le même type de représentation que celui utilisé précédemment (diagramme de survie, cf. § IV.3.2.3, V.5.3.2) étant donné qu'il rend compte des décalages entre distributions.

---

<sup>1</sup> S'agissant de portions de fil, l'analyse a pu être réalisée avec un même contraste de prise d'image pour les trois titres sans qu'il y ait apparition d'ombres (cf. § V.7.1).



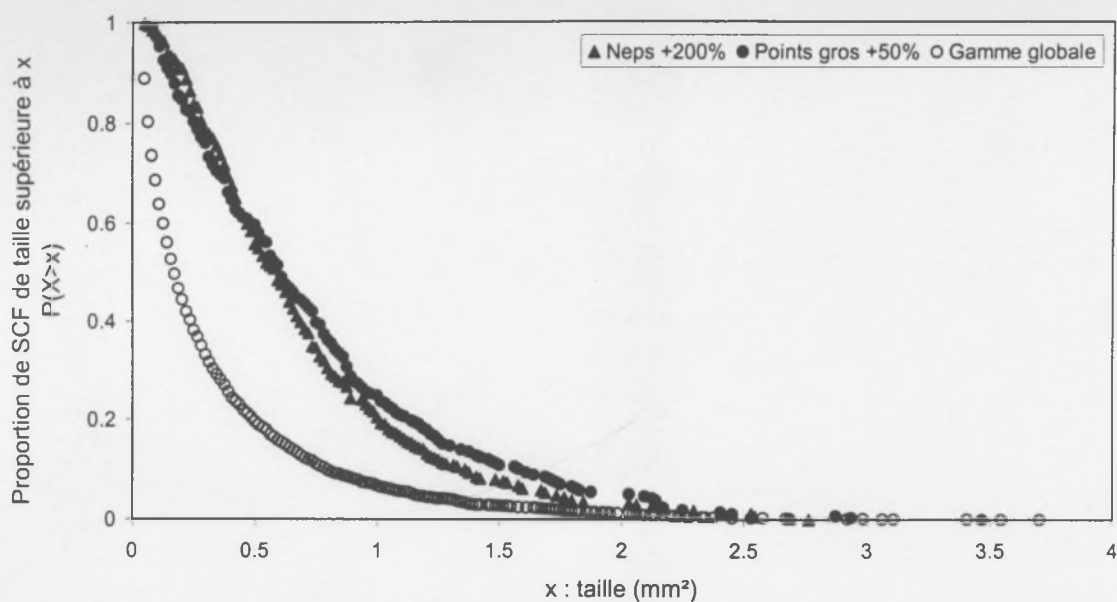


Figure V-38 : Distributions comparées de la taille (mm<sup>2</sup>) des SCF associés aux imperfections régularimétriques du fil (neps et points gros) et de la gamme globale des SCF présent dans le fil RS 20 tex (mesure Trashcam).

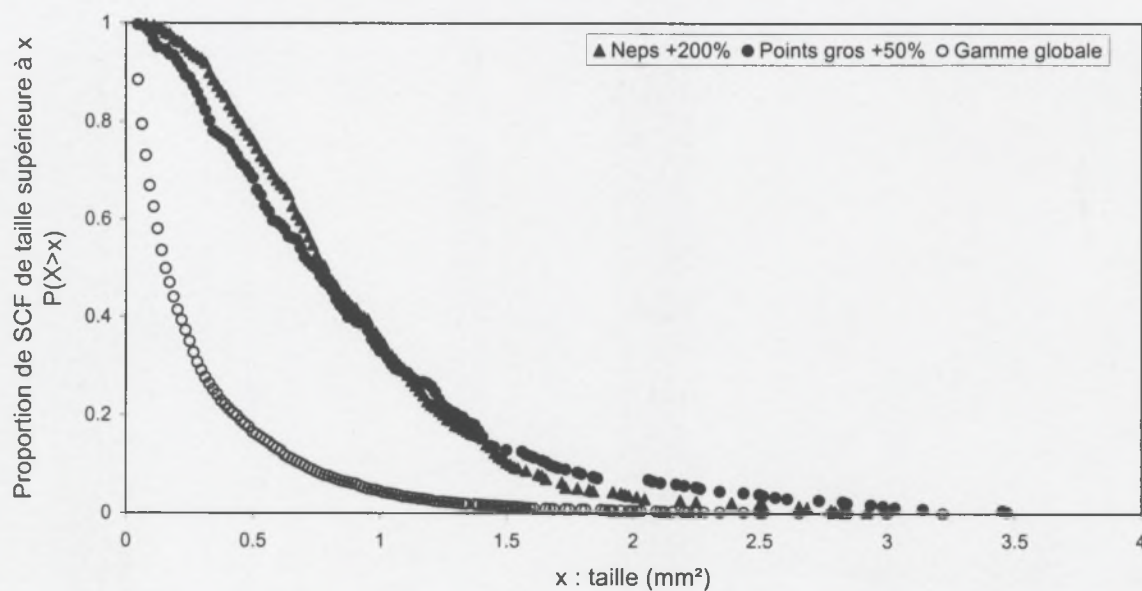
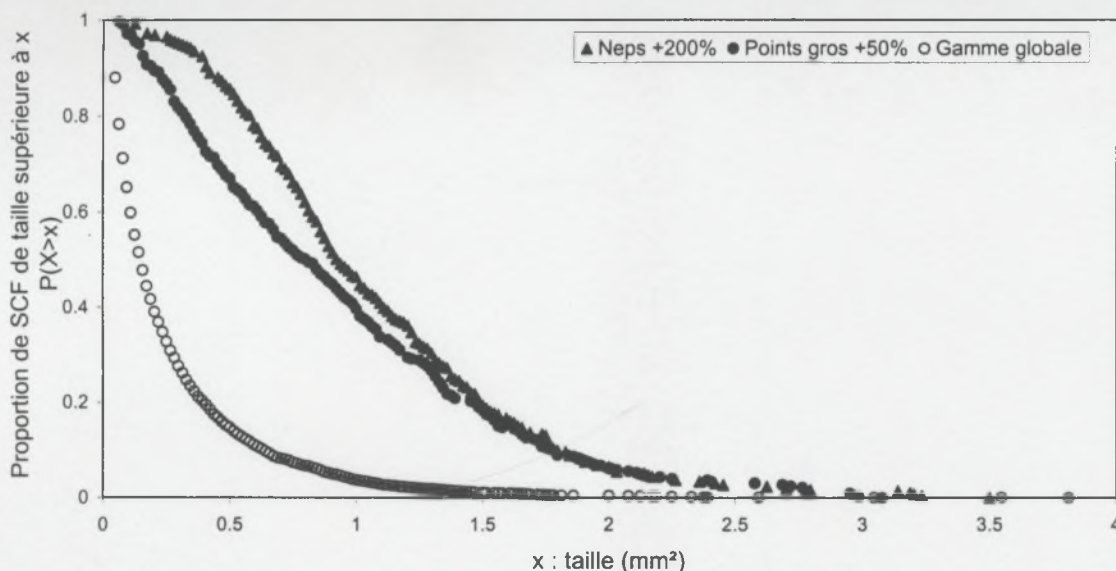


Figure V-39 : Distributions comparées de la taille (mm<sup>2</sup>) des SCF associés aux imperfections régularimétriques du fil (neps et points gros) et de la gamme globale des SCF présent dans le fil RS 27 tex (mesure Trashcam).



**Figure V-40 : Distributions comparées de la taille (mm<sup>2</sup>) des SCF associés aux imperfections régularimétriques du fil (neps et points gros) et de la gamme globale des SCF présent dans le fil RS 37 tex (mesure Trashcam).**

Les figures ci-dessus traduisent un important décalage entre la distribution de taille des SCF associés aux neps et aux points gros d'une part et celle de la gamme globale des SCF présents dans le fil, et ce pour les trois titres étudiés. Il apparaît donc, d'après ces résultats, que la taille du fragment de coque joue un rôle significatif dans la manière dont ce dernier se manifeste dans le fil. En effet, il apparaît que plus la taille des SCF est importante, plus ces derniers ont une chance de provoquer un défaut pouvant être détecté au régularimètre comme étant un neps ou un points gros.

Notons cependant, que les seuils de sensibilité fixés (+200% pour les neps et +50% pour les points gros) sont conventionnellement les plus couramment utilisés en industrie et en recherche textile pour du fil RS. Les petits SCF visibles sur le fil pourraient être détectés par le régularimètre, au moins en partie, en utilisant des seuils de sensibilité inférieurs (notamment dans le cas des neps). Toutefois, la réduction de ces seuils conduirait également à la détection excessive de faibles variations de masse du fil qui seraient dues notamment à des irrégularités de pilosité moins problématiques que les petits SCF.

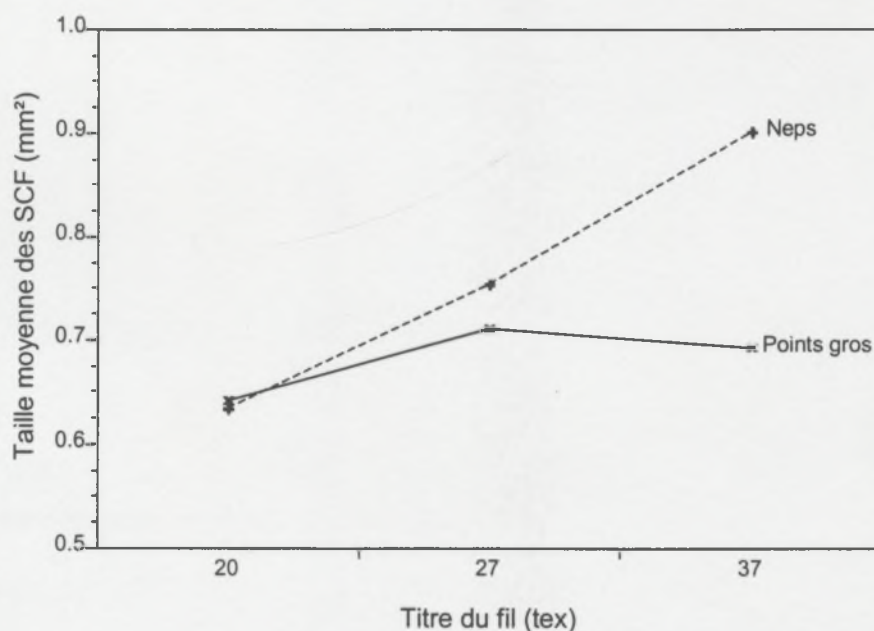
Considérons à présent, pour chaque titre, les courbes respectives à la distribution de taille des SCF associés aux neps d'une part et aux points gros d'autre part.

Dans le cas du fil 20 tex (*Figure V-38*), les deux distributions sont très proches. En dépit du léger décalage vers la droite de la distribution de taille des points gros (à partir de 0,7 mm<sup>2</sup>), la différence entre les deux distributions est non significative (test de Wilcoxon). Pour le fil 27 tex, la différence entre la taille des SCF ayant provoqué des neps et ceux ayant provoqué des points gros est également non significative. Cependant, nous observons que la distribution de taille des SCF associés à des neps commence à glisser vers les grandes tailles (*Figure V-39*). Ce glissement devient plus important dans le cas du fil 37 tex (*Figure V-40*). En effet, dans ce dernier cas le décalage entre les deux distributions est très



hautement significatif. Les SCF ayant provoqué des neps semblent avoir une taille plus importante que ceux associés à des points gros.

Nous pouvons résumer les constations formulées ci-dessus en examinant la variation en fonction du titre du fil de la taille moyenne des SCF à l'origine des neps d'une part et des points gros d'autre part.



**Figure V-41 : Variation en fonction du titre du fil de la taille moyenne des SCF (mm², mesure Trashcam) responsables de la présence de neps (+200%) et de points gros (+50%) dans le fil.**

La Figure V-41 révèle de manière plus explicite les tendances décrites sur la base des distributions de taille. En effet, nous constatons que l'écart entre la taille moyenne des SCF associés à des neps et ceux associés à des points gros est d'autant plus important que le titre du fil est élevé. La taille des SCF associés aux neps augmente de façon linéaire avec le titre du fil ( $R^2=0,998$ ). Pour les points gros, aucune variation significative, en fonction du titre du fil, de la taille moyenne des SCF qui en sont à l'origine n'est constatée.

Pour qu'un SCF soit détecté au régularimètre sous quelle que forme que ce soit (neps ou point gros), il doit provoquer une variation suffisamment importante de la masse du fil pour dépasser les seuils de sensibilité fixés (+200% et +50% en l'occurrence). La masse de ce SCF devra donc être d'autant plus importante que le titre du fil est élevé, et ce quelle que soit la forme du défaut provoqué (neps ou point gros). Rappelons que pour les points gros, en plus du seuil appliqué à la variation de la masse du fil, il est nécessaire que le défaut s'étende sur une longueur au moins égale à la longueur moyenne des fibres.

L'hypothèse ci-dessus est vérifiée dans le cas des neps ; nous avons constaté en effet que la taille des SCF qui en sont à l'origine varie de façon linéaire avec le titre du fil. En revanche, dans le cas des points gros cette relation entre la taille du SCF et le titre du fil n'est pas vérifiée.

Pour expliquer cette différence entre les deux types de défauts, nous pouvons émettre l'hypothèse suivante : Comme nous l'avons déjà mentionné, la mesure de la taille des SCF par Trashcam fournit une estimation de la surface apparente des SCF (partie visible du fragment). Il semble vraisemblable que pour qu'un SCF forme une perturbation sur une longueur de fil assez importante pour être l'origine d'un point gros, il doit être inséré à l'intérieur de la structure du fil. En revanche, pour former un défaut court (neps), le SCF ne doit pas nécessairement être à l'intérieur du fil mais sa présence en périphérie de ce dernier suffirait à créer la variation de masse ponctuelle nécessaire à sa détection par le régularimètre.

En admettant cette hypothèse, l'explication des observations expérimentales devient possible. Les SCF à l'origine des neps, étant en majorité à la périphérie du fil, révèlent une surface apparente proche de leur taille réelle qui varie de façon linéaire avec le titre du fil. Quant aux SCF ayant engendré des points gros, ils sont en majorité englobés à l'intérieur du fil et le sont d'autant plus que le titre de ce dernier est élevé. La taille apparente mesurée par Trashcam ne correspond donc pas à la taille réelle et ne varie pas de la même manière que cette dernière en fonction du titre du fil.

#### V.7.3.3 Longueur de fibres attachées aux SCF

En plus de la taille du fragment de coque proprement dit, la masse d'un SCF dépend aussi de la quantité de fibres qu'il porte. Cette caractéristique pourrait donc avoir un effet, complémentaire à celui de la taille du fragment, dans la détermination du type de défaut régularimétrique provoqué dans le fil. Pour le vérifier, nous allons revenir à la mesure de taille effectuée sur les SCF identifiés comme étant des neps ou des points gros et discutée au paragraphe ci-dessus. Nous allons considérer les tailles moyennes par coton obtenues pour chaque type de défaut et chaque titre et établir la relation entre cette caractéristique et la longueur des fibres attachées aux SCF telle que nous l'avons déterminée (cf. § IV.2 et V.3).

Le *Tableau V-11* rapporte les coefficients de corrélation entre la longueur de fibres attachées et les moyennes par coton de la taille (mm<sup>2</sup>) des SCF associés aux neps et aux points gros pour chacun des titres étudiés.

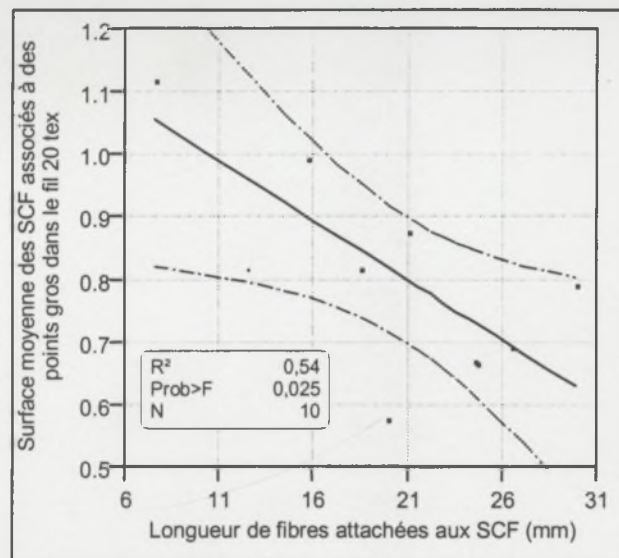
**Tableau V-11 : Coefficients de corrélation entre la longueur de fibres attachées aux SCF et la taille moyenne (mesure Trashcam) des SCF ayant engendré des défauts détectés par UT3.**

Titre du fil	Type du défaut engendré par les SCF	
	SCF Neps (+200%)	SCF points gros (+50%)
20 tex	-0,41 n.s.	-0,73 *
27 tex	-0,60 n.s.	-0,60 n.s.
37 tex	-0,59 n.s.	-0,13 n.s.

N = 10.

Seule la relation entre la taille des SCF ayant provoqué des points gros dans le fil 20 tex est reliée significativement à la longueur des fibres attachées (*Figure V-42*). Pour le reste des classes de SCF, les relations observées ne sont pas statistiquement significatives mais suivent cependant la même tendance négative.





**Figure V-42 : Relation entre la taille (mm<sup>2</sup>) des SCF ayant provoqué des points gros dans le fil 20 tex et la longueur des fibres attachée.**

Il apparaît que plus le coton est caractérisé par une longueur importante de fibres attachées aux SCF, moins la taille de ces derniers doit être élevée pour leur permettre de provoquer des défauts d'épaisseur pouvant être détectés au régularimètre.

Le fait que nous n'ayons observé de relation significative que dans le cas des points gros, plus particulièrement ceux ayant été prélevé sur du fil 20 tex, pourrait être expliqué par l'importance que peuvent avoir les fibres attachées dans la formation de chaque type de défaut. En effet, la présence de fibres attachées aux SCF pourrait jouer un rôle moins important dans la formation des neps que dans la formation des points gros. Cette hypothèse reste toutefois à vérifier et ne peut être affirmée sur la base d'une régression effectuée sur dix cotons.

D'autre part, pour les SCF ayant provoqué des points gros prélevés dans du fil 27 et 37 tex, nous avons montré au paragraphe précédent que la taille apparente mesurée ne correspond pas à la taille réelle étant donné que les SCF sont vraisemblablement englobés dans la structure du fil. Il est donc probable que la relation entre la taille apparente des SCF et la longueur des fibres attachées soit altérée par ce phénomène.

#### V.7.3.4 Position des SCF dans la structure du fil

D'après les résultats ci-dessus, on peut supposer que la nature de la perturbation provoquée par un SCF dans la structure du fil soit dépendante d'une part de la masse de ce dernier (avec ses deux composantes : le fragment de coque proprement dit et les fibres qu'il porte), et d'autre part de la position du SCF par rapport au fil (à l'intérieur ou à l'extérieur de sa structure).

Afin de vérifier cette dernière hypothèse, nous avons effectué un examen visuel (grossissement 10 x), ainsi que des prises d'image sous microscope d'une partie des SCF prélevés en cours d'analyse détaillée des imperfections régularimétriques du fil.

Environ 200 SCF de chaque type (neps et points gros) ont été examinés par deux opérateurs, sans que la nature du défaut ne soit dévoilée à l'avance. Ces deux opérateurs ont relevé, de façon convergente et indépendante, que les SCF à l'origine d'un point gros avaient davantage tendance à se situer à l'intérieur de la structure du fil que ceux à l'origine d'un neps. En effet, 63% des points gros examinés ont été jugés comme ayant été provoqués par des SCF se trouvant à l'intérieur du fil, tandis que pour les neps ce pourcentage ne s'est élevé qu'à 42%. Toutefois, faute de critères objectifs permettant de juger la position relative d'un SCF dans le fil, cette analyse reste purement descriptive. Elle nous a surtout permis de visualiser la perturbation détectée au préalable par la voie capacitive.

Comme le montre la *Figure V-43*<sup>1</sup>, autant dans le cas des neps que dans celui des points gros, un SCF peut se présenter de différentes manières sur le fil RS :

- Le SCF peut être à la périphérie du fil et n'y adhérer que par les fibres qu'il porte qui se retrouvent emprisonnées à l'intérieur du fil (*Figure V-43-a- et -c-*). Cette configuration est plus fréquente dans le cas des défauts courts (neps) mais a toutefois été rencontrée pour quelques points gros.
- Le SCF peut adhérer de près à la structure du fil, sans forcément être à l'intérieur de cette dernière. Dans ce cas la perturbation provoquée peut être ponctuelle et être détectée comme défaut court (*Figure V-43-e- et -g-*), ou s'étendre sur une longueur suffisante à sa détection comme défaut long (*Figure V-43-f-*).
- D'autres cas de figure se présentent dans le cas des points gros (moins fréquents pour les neps). Nous pouvons notamment distinguer sur l'exemple noté -b- de la *Figure V-43* un SCF adhérant à la structure du fil et suivie par une traînée de fibres attachées qui s'enroulent autour pour former de la sorte un défaut long. Nous pouvons également citer le cas de deux ou plusieurs SCF qui se suivent (*Figure V-43-d-*) ou celui d'un SCF qui traverse le fil et qui le coupe en deux faisceaux (*Figure V-43-h-*).

Les *Figures V-44 et V-45* montrent une vue microscopique d'un SCF attaché au fil par les fibres qu'il porte et d'un second qui se trouve englobé dans la structure du fil et qui semble y provoquer une perturbation plus importante que le premier. D'autres exemples de SCF sur le fil pris au microscope électronique à balayage sont rapportés en *Annexe 4*.

Les différents cas de figures constatés au cours de cet examen visuel, font état de la diversité de formes selon lesquelles un SCF peut se manifester sur le fil. En plus des caractéristiques de taille et de quantité de fibres attachées, ces formes variées pourraient également dépendre de la manière dont le SCF se présente à la sortie du triangle de filage au continu à filer. En outre, la position du SCF dans le fil conditionne la nature et l'étendue de la perturbation qu'il y provoque.

---

<sup>1</sup> Les SCF représentés sur la *Figure V-43* ne sont que des exemples non exhaustifs.



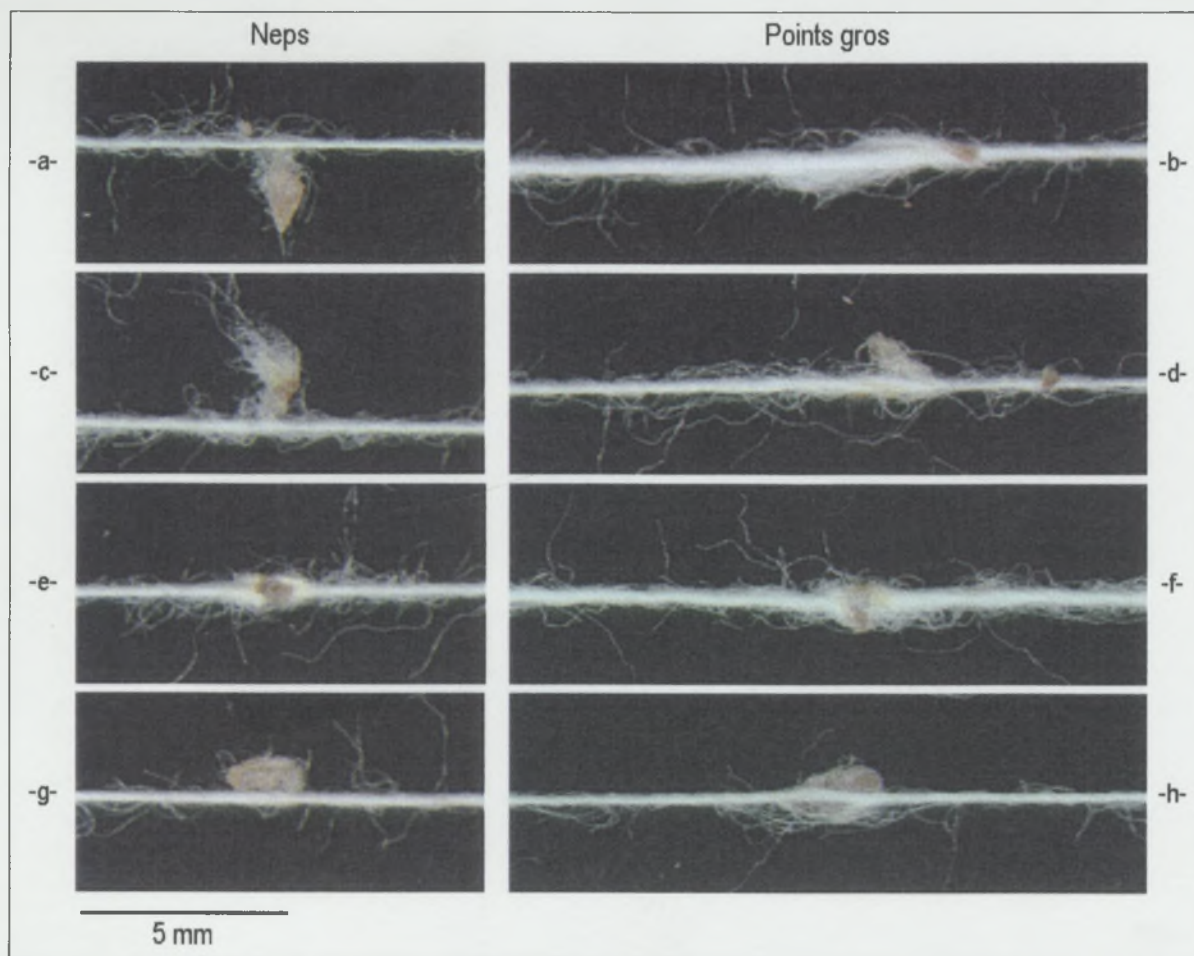


Figure V-43 : Quelques exemples de SCF ayant provoqué des neps et des points gros dans le fil RS.

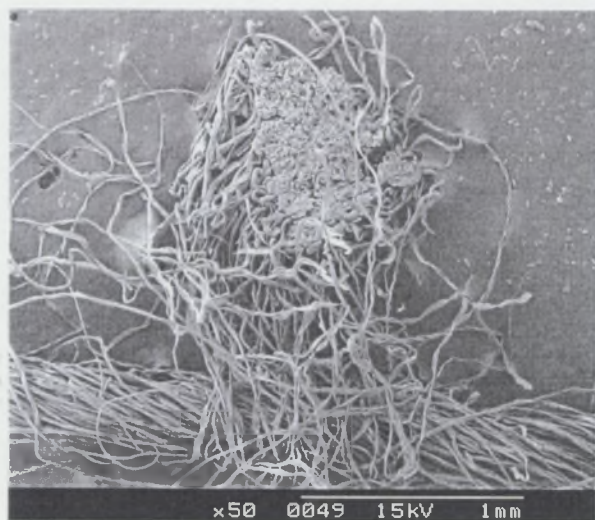


Figure V-44 : Vue microscopique d'un SCF se trouvant à la périphérie du fil.

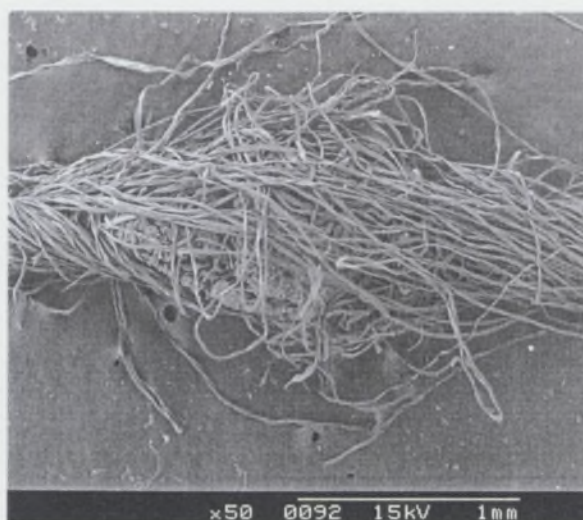


Figure V-45 : Vue microscopique d'un SCF se trouvant à l'intérieur du fil.



Selon le type du défaut provoqué par le SCF, son impact sur les paramètres de qualité du fil (résistance, régularité, apparence...) sera différent. En effet, au vu de la nature de la perturbation occasionnée dans le cas des neps et dans celui des points gros, il apparaît que ces derniers pourraient être plus préjudiciables à la structure du fil et donc à ses propriétés mécaniques.

En exploitant les résultats disponibles dans la base de données du laboratoire (SISTER)<sup>1</sup>, nous pouvons observer cette tendance des points gros (toutes origines confondues) à être plus préjudiciables, par l'accroissement de leur nombre, à la régularité et à la résistance du fil. En effet, bien que la variation de masse soit plus importante dans le cas des neps que dans celui des points gros, ces derniers sont mieux corrélés à l'irrégularité du fil (*Figure V-46, Figure V-47*) et à sa résistance (*Figure V-48, Figure V-49*). Cette dernière constatation laisse apparaître une plus forte tendance des points gros à provoquer des zones de faible résistance et par conséquent à réduire la ténacité du fil.

Suite à ces observations, les SCF à l'origine de défauts longs (points gros) peuvent être considérés comme étant plus préjudiciables à la structure du fil que ceux ayant provoqué des défauts courts (neps). Ces derniers ont en effet une influence moins prononcée sur la régularité et sur la résistance du fil mais restent néanmoins d'une importance significative dans l'aspect visuel et également dans l'aptitude du coton au finissage et à la teinture (*cf. § II.2.4.4*).

À défaut de pouvoir éliminer efficacement les SCF, on pourrait envisager de réduire leur impact en favorisant la formation de neps se trouvant à la périphérie du fil, provoquant des perturbations ponctuelles et moins préjudiciables à sa structure, au détriment des défauts longs intégrés à l'intérieur de cette structure et sources de perturbations plus importantes. Par la suite, les SCF situés en périphérie du fil pourraient en être éliminés par une action de frottement exercée sur le fil lors des opérations suivant le filage.

Cette voie pourrait être développée à différents niveaux. Nous pourrions par exemple supposer que les conditions d'étirages successifs pendant la préparation au filage et pendant le filage proprement dit pourraient avoir une influence sur la position des SCF par rapport au flux fibreux à la sortie du triangle de filage. Il serait également intéressant d'examiner le comportement des SCF vis à vis des dernières innovations apportées au continu à filer en matière de filature compacte ou condensée (Artzt, 1998; Artzt, 1999; Renner, 1999). En effet, l'action de condensation des fibres par un flux pneumatique exercé à la sortie du triangle de filage, avant de leur donner la torsion, pourrait se solder par un comportement différent, vis à vis de la structure du fil, des impuretés en général et des SCF en particulier. Ces hypothèses mériteraient d'être approfondies par des expérimentations spécifiques.

---

<sup>1</sup> Résultats de 191 essais de micro-filature en RS 20 tex obtenus sur plusieurs compagnes (1997-1999).



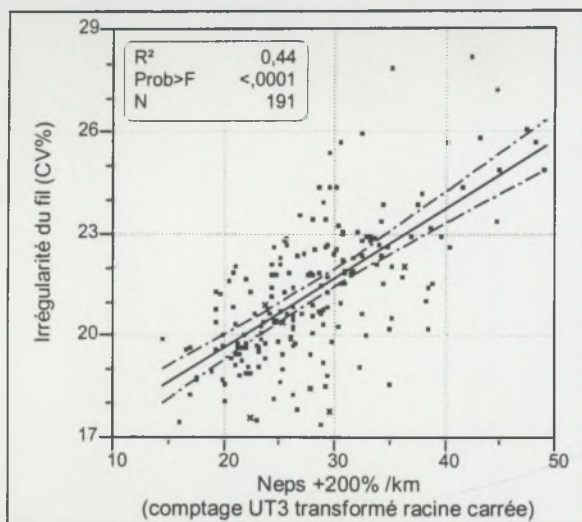


Figure V-46 : Relation entre la régularité du fil RS 20 tex (CV%) et le nombre de neps +200%.

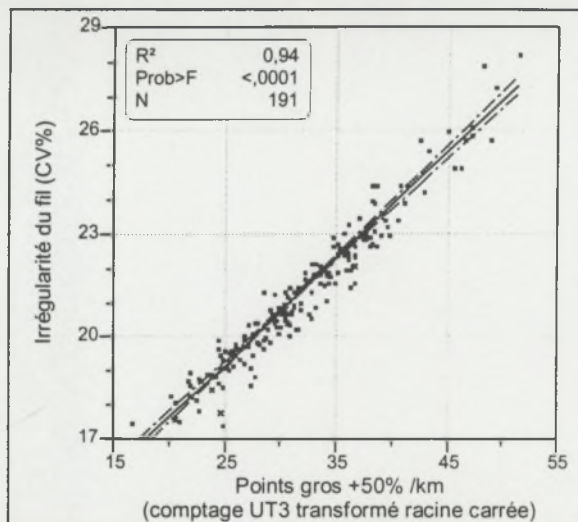


Figure V-47 : Relation entre la régularité du fil RS 20 tex (CV%) et le nombre de points gros +50%.

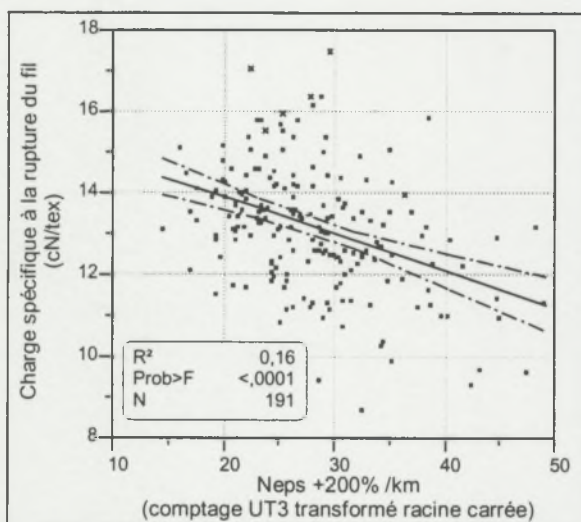


Figure V-48 : Relation entre la résistance du fil RS 20 tex (charge spécifique à la rupture (cN/tex)) et le nombre de neps +200%.

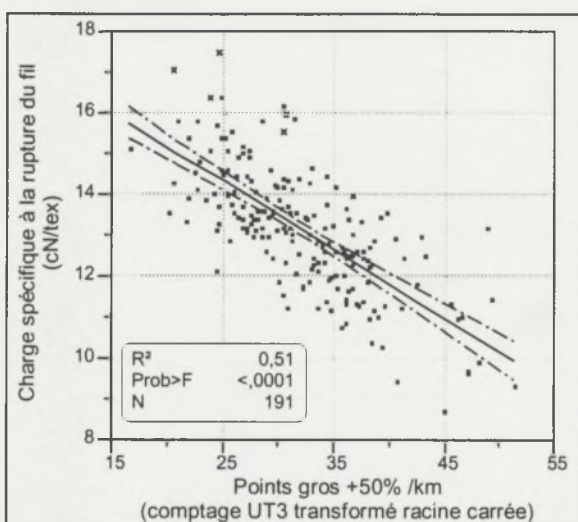


Figure V-49 : Relation entre la résistance du fil RS 20 tex (charge spécifique à la rupture (cN/tex)) et le nombre de points gros +50%.

#### V.7.4 Le continu à filer, source de variabilité des imperfections du fil

Des essais de filature, à l'échelle industrielle, ont été réalisés à ITC (*International Textile Center*, Lubbock, TX, USA) en vue de quantifier les améliorations apportées à la qualité du fil par les nouvelles technologies de filature RS (Hequet *et al.*, 1998). L'essai a consisté à comparer la qualité des fils issus de deux continus à filer différents (un récent et l'autre qui date des années soixante). Dix huit échantillons de fibre de coton, issus de six variétés cultivées dans trois localités différentes, ont été sélectionnés pour l'expérimentation. Toutes les balles ont subi les mêmes opérations industrielles de préparation au cardage et au filage (*cf.* § 1.3.3.1). Seule l'étape du filage a été réalisée, comme mentionné ci-dessus, sur des machines différentes.

Les filés produits ont été testés à ITC en régularimétrie (UT3) et en Dynamométrie fil à fil et à écheveau. Des bobines issues de chaque continu à filer ont également été récupérées pour des analyses Trashcam au Laboratoire de Technologie Cotonnière du Cirad afin de vérifier l'existence d'un effet éventuel sur la quantité et la taille des SCF.

Les résultats des analyses régularimétriques et dynamométriques des filés ont été publiés par Hequet *et al.* (1998). Les auteurs ont montré une nette amélioration générale de la qualité du fil avec l'utilisation du continu à filer le plus récent. Ils ont notamment constaté une importante diminution des défauts régularimétriques du fil : en moyenne -65% de points minces, -58% de points gros et -36% de neeps.

À présent, nous allons nous attacher aux résultats fournis par Trashcam concernant les SCF présents dans les fils issus de chacun des deux continus à filer. Une analyse de régression linéaire (*Tableau V-12*, *Figure V-50*), suivie d'un test de comparaison des échantillons associés par paires (*Tableau V-13*) ont été réalisés sur les comptages Trashcam transformés racine carrée.

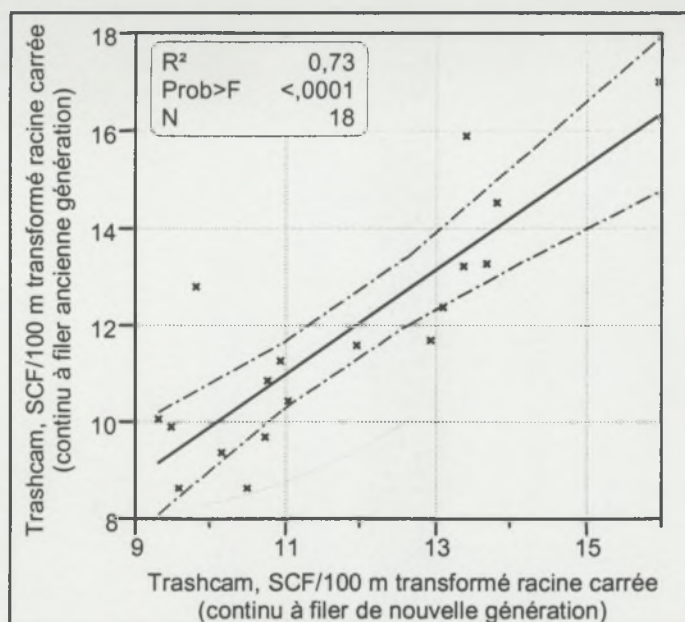
**Tableau V-12 : Estimation des paramètres de régression linéaire (comptage Trashcam sur plaquettes de fil, Continu à filer nouvelle génération vs. Ancienne génération).**

Terme	Estimation	T Ratio	Prob> t	Limite inférieure 95%	Limite inférieure 95%
Origine	-0,84	-0,44	0,67	-4,91	3,24
Pente	1,08	6,63	<0,0001	0,73	1,42

**Tableau V-13 : Test de comparaison par observations appariées, différence entre le nombre de SCF présents dans les fils issus de deux générations de Continu à Filer (CAF).**

Paired t-Test			
Comptage Trashcam CAF1 – CAF2 (Transformés racine carrée)			
Différence moyenne	-0,0448	Prob >  t	0,88
Erreur Std	0,2925	Prob > t	0,56
t-Ratio	-0,1532	Prob < t	0,44
DDL	17		





**Figure V-50 : Relation entre les nombres de SCF détectés par Trashcam sur les fils issus de deux générations de continu à filer.**

Contrairement à ce qui a été le cas pour les comptages des imperfections au régularimètre, la différence entre continus à filer ne semble pas influencer le nombre des SCF détectés par Trashcam sur les filés. En effet, l'analyse de la régression linéaire entre les deux comptages révèle une relation très hautement significative (*Figure V-50*), avec une pente non différente de l'unité et une ordonnée à l'origine non significative au seuil  $\alpha = 0,05$  (*Tableau V-12*). Le test de comparaison entre les échantillons associés par paires aboutit au rejet de l'hypothèse d'une différence significative entre les niveaux des comptages des SCF dans les fils obtenus sur chacun des continus à filer.

Outre le nombre de SCF détectés sur les filés issus de chacune des deux machines, nous avons examiné leurs distributions de taille ( $\text{mm}^2$ ) telles qu'elles sont déterminées sur Trashcam. Les résultats de comparaison non paramétrique par le test de Wilcoxon rejettent l'hypothèse que les distributions observées pour chaque coton et pour chacun des continus à filer sont issues de populations différentes.

Il apparaît donc, à l'issue des analyses Trashcam, que l'amélioration apportée à la régularité du fil par la nouvelle génération de continu à filer n'est pas liée à une réduction des SCF. En effet, la modification des conditions de filage, en conservant les mêmes opérations de préparation (ouvraison, mélange, nettoyage, cardage étirage et banc à broche), ne s'est traduite par aucune variation de la quantité ou de la distribution de taille des SCF présents dans le fil. La diminution observée dans le nombre de défauts d'épaisseur du fil provient uniquement de la réduction d'autres sources probables d'imperfections du fil, vraisemblablement celles liées à des irrégularités d'étirage ou de torsion. L'amélioration de la technique de filage est donc de nature à accroître la contribution relative des SCF dans la qualité du fil.

## V.8 CONCLUSIONS

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats d'un essai de micro-filature à travers lequel les SCF ont été quantifiés et caractérisés selon les méthodes mises au point au précédent chapitre. Nous avons parcouru les différentes étapes du processus de filature en examinant l'effet de chacune d'entre elles sur la quantité et la distribution de taille des SCF. Nous avons ensuite abordé les formes sous lesquelles un SCF peut se manifester dans le fil et la perturbation qui en résulte dans la structure de ce dernier, en tenant compte des caractéristiques intrinsèques des SCF (taille et longueur de fibres attachées) ainsi que de la position de l'impureté dans le fil.

L'effet du cardage sur la quantité et sur la taille des SCF présents dans la fibre a été étudié sur la base de deux méthodes de détections. Une distinction a été faite entre les SCF (*Seed Coat Fragments*) détectés par Trashcam, représentant l'ensemble des débris de coque, et les SCN (*Seed Coat Neps*) détectés par AFIS. Ces derniers représentent le sous ensemble de SCF ayant des fibres attachées et une taille supérieure à 500  $\mu\text{m}$ .

Les résultats ont montré que le cardage a provoqué une diminution significative, plus ou moins importante selon les cotons, de la quantité de SCN. La mesure de la longueur de fibres attachées a permis d'expliquer la différence, entre cotons, du nettoyage opéré par la carde sur les SCN. En effet, il est apparu que plus la quantité de fibres attachées est élevée, plus l'aptitude de la carde à éliminer des SCN a tendance à baisser.

Le comptage de la totalité des SCF présents dans la fibre avant et après cardage (sans application de seuil quant à leur taille ou à la présence ou non de fibres attachées) a montré que l'élimination d'une partie des SCF par la carde est accompagnée d'un important phénomène de fragmentation. Cette fragmentation se traduit par une diminution de la taille des SCF et d'une augmentation globale de leur nombre. Les SCF qui résultent de cette fragmentation sont retrouvés dans les voiles de carde et dans les déchets des chapeaux. En effet, l'analyse de la distribution de taille de ceux présents dans les déchets a montré que cette taille s'étend, à l'entrée de la carde, sur une gamme plus large que celle obtenue à sa sortie (dans les déchets ou dans le voile de carde).

D'autre part, l'étude de la distribution de taille mesurée sur Trashcam montre une accumulation des SCF de petite taille, se traduisant par un tassement de la distribution vers les petites valeurs. Les petits SCF issus de la fragmentation semblent plus difficilement éliminables de la matière que ceux ayant une taille plus importante. La forme de la distribution de taille obtenue sur voile de carde pourrait donc être la résultante de la fragmentation des SCF pendant les opérations mécaniques successives auxquelles est soumise la fibre de coton.

Des analyses Trashcam réalisées sur des échantillons prélevés sur du matériel industriel ont confirmé les résultats obtenus en laboratoire. Ces analyses ont même montré que les tendances mises en évidence par Trashcam sur la mini-carde sont encore plus accentuées sur la carde industrielle. En effet, cette dernière fonctionnant à des vitesses plus élevées que la mini-carde, l'agression mécanique subie par les SCF est plus importante,



induisant un phénomène de fragmentation et une augmentation du nombre de SCF dans les classes de petite taille d'autant plus importants.

Comme nous avons pu le voir, les conclusions quant à l'efficacité du nettoyage à la carde sont fortement tributaires des méthodes de détection et de mesure utilisées.

En ne considérant que les SCN, AFIS détecte une diminution du nombre des SCF due au cardage. En effet, la fragmentation de ces particules décale la distribution des tailles jusqu'à des valeurs inférieures à la limite de détection appliquée par AFIS. Les petits débris produits par cette fragmentation sont donc considérés comme éliminés alors qu'en réalité ils ne sont plus détectés par AFIS. De ce fait, la quantité de débris de coque éliminés à la carde est surestimée.

En revanche, Trashcam prend en compte une gamme de SCF nettement plus large que la méthode précédente. Cette quasi-exhaustivité dans la détection des SCF a permis la mise en évidence du phénomène de fragmentation et a montré l'augmentation significative du nombre des SCF après cardage. Trashcam fournit donc plus de précision sur la variation de la gamme de SCF présents dans la fibre. De telles informations pourraient être exploitées avantageusement dans la mise au point d'une méthode de nettoyage ou simplement dans la recherche des réglages optimaux pouvant permettre une élimination efficace des SCF. En outre, cette optimisation du nettoyage pourrait passer par un contrôle efficace de la taille des SCF et nécessite donc une étude spécifique du phénomène de fragmentation.

L'effet du banc d'étirage sur la quantité et la distribution des tailles des SCF a ensuite été examiné à l'aide de Trashcam. Cette étape du processus de filature a une influence très limitée sur la gamme de taille et le nombre des SCF. En effet, le nombre de particules présents dans la matière n'a subi aucune modification significative pendant l'étirage. De plus, seule une minorité des cotons testés a montré une diminution de la taille des SCF, probablement due à la pression exercée par les trains d'étirage.

Malgré une détection plus difficile des SCF dans des filés de gros titre, les analyses Trashcam réalisées sur des plaquettes de fil RS 20, 27 et 37 tex ont montré que la totalité des SCF présents dans la fibre à la sortie de carde se retrouvent dans le fil quel que soit le titre de ce dernier. Aucune variation de la quantité ou de la distribution de taille des SCF ne semble avoir lieu au cours des étapes qui suivent le cardage. Par la combinaison d'un phénomène de fragmentation et de nettoyage, la carde joue donc un rôle primordial dans la détermination de la contamination du fil par les SCF. De plus, à l'aide de Trashcam, une quantification précise des SCF pouvant se retrouver dans le fil RS s'avère possible dès la sortie de carde.

L'analyse détaillée des défauts régularimétriques du fil (neps et points gros) a montré que les SCF ne sont pas seulement liés aux défauts courts (30 à 97% des neps +200% examinés ont été provoqués par des SCF) mais sont également à l'origine d'une proportion significative des défauts longs (entre 16 et 83% pour la gamme testée). Cette contribution relative des SCF dans les deux types d'imperfections du fil semble d'autant plus importante que le fil est gros. Toutefois, le nombre de défauts détectés diminue avec l'augmentation du

titre du fil à cause de l'application des seuils de sensibilité en terme de variation de la masse du fil (%).

Des SCF prélevés à l'issue de l'analyse détaillée, préalablement identifiés sur le régularimètre comme étant des neps ou des points gros, ont été analysés sur Trashcam pour la mesure de leur taille apparente. Les résultats ont montré que parmi la gamme globale des SCF présents dans les filés, seuls ceux ayant une taille importante semblent occasionner des imperfections pouvant être détectées au régularimètre en tant que neps ou point gros. En effet, plus la taille des SCF est importante, plus ces derniers ont une chance de créer de tels défauts et d'être détectés comme tels.

De plus, il est apparu en considérant la relation entre la taille des fragments de coque prélevés et la longueur de fibres attachées caractéristique de chaque coton, que plus cette longueur est importante, moins la taille des SCF doit être élevée pour leur permettre de provoquer des défauts d'épaisseur pouvant être détectés au régularimètre. Outre la taille du fragment de coque proprement dit, la quantité de fibres qu'il porte joue également un rôle significatif dans la manière dont il se manifeste sur le fil. En effet, c'est la masse du SCF, avec ses deux composantes taille du fragment de coque et quantité de fibres attachées, qui semble déterminante dans la perturbation occasionnée par l'impureté dans le fil.

Au sein des SCF associés à des défauts régularimétriques du fil, une différence a été constatée entre la perturbation représentant un neps et celle représentant un point gros. La variation de la taille apparente des SCF à l'origine de neps, en fonction du titre du fil, est linéaire. Ainsi, plus le fil est gros, plus la taille apparente d'un SCF doit être importante pour qu'il puisse être détecté en tant que neps.

En revanche, dans le cas des points gros, la taille des SCF qui en sont à l'origine ne varie pas de la même manière avec le titre du fil. Elle reste quasiment constante, induisant un écart d'autant plus important que le fil est gros entre la taille apparente des neps et celle des points gros.

Il est apparu à partir de ces résultats, que les SCF à l'origine de défauts longs auraient plus tendance à être englobés à l'intérieur de la structure du fil, surtout si ce dernier est de gros titre, et à y provoquer une perturbation plus importante que dans le cas des neps. Ces derniers seraient plus majoritairement engendrés par des SCF dont la présence en périphérie du fil suffit à former la variation de masse ponctuelle nécessaire à leur détection au seuil appliqué. Contrairement à ceux enfouis à l'intérieur de la structure du fil (points gros en majorité), la taille apparente des SCF à la périphérie du fil (neps) est proche de leur taille réelle et donc varie de façon linéaire avec le titre.

Cette hypothèse a été appuyée par des analyses visuelles de la position des SCF par rapport au fil qui a corroboré cette tendance. En outre, l'impact d'un SCF sur la régularité et sur les propriétés mécaniques du fil sera plus ou moins important selon la manière dont il est inséré dans ce dernier. Les SCF à l'origine de points gros semblent en effet plus préjudiciables à la structure du fil que ceux ayant provoqué des neps.



Enfin, dans le dernier paragraphe de ce chapitre, les résultats d'une étude comparative entre deux continus à filer industriels ont été présentés. Cette étude a montré que la modification des conditions de filage, en conservant les mêmes opérations de préparation ne s'est traduite par aucune variation de la quantité ou de la distribution de taille des SCF présents dans le fil. Le filage proprement dit ne constitue donc pas une source de variabilité de la gamme de SCF présents dans la fibre. En revanche, les défauts régularimétriques liés à des sources autres que les SCF (irrégularités d'étirage ou de torsion) sont fortement influencés par le continu à filer.

**Chapitre VI.**

***EFFET DES FRAGMENTS DE COQUE SUR LES  
DIFFERENTS ASPECTS QUALITATIFS DU FIL***



Après avoir examiné, dans le précédent chapitre, l'effet des différentes étapes de micro-filature sur la quantité et les caractéristiques des SCF présents dans la fibre et établi les relations qui existent entre ces derniers et la qualité du fil, nous consacrons le présent chapitre à la présentation des deux approches expérimentales mentionnées au § III.3.

La première approche a consisté en une étude des effets de la soustraction manuelle des SCF avant filature. Cette étude a été mise au point avec le principal objectif de déterminer le rôle joué par les SCF dans la résistance du fil. Cependant, elle a permis également d'apporter un complément d'information concernant les défauts provoqués par les SCF dans le fil.

La seconde approche s'est appuyée sur une expérimentation par ensemencement, ou addition sélective, des SCF dans un coton indemne à l'origine. Cette étude a permis de tenir compte et de déterminer l'importance des caractéristiques des SCF et leur effet sur le fil. L'étude de la perturbation de la structure du filé en cours de formation a également fait partie des aspects abordés au cours de cette expérimentation.

## **VI.1 ETUDE EXPERIMENTALE DE L'EFFET DE LA SOUSTRACTION DES SCF SUR LA QUALITE DU FIL**

### **VI.1.1 Introduction**

De nombreux auteurs (Ramey *et al.*, 1977; El Mogahzy *et al.*, 1990; Frydrych, 1992a; Frydrych et Zurek, 1992; May et Taylor, 1998) ont tenté de déterminer les facteurs qui agissent sur la résistance du fil dans le but de pouvoir la prédire à partir de la qualité d'un coton donné. Les propriétés fibres les plus citées sont, d'une manière générale, la résistance des fibres, qui apparaît comme le paramètre le plus relié à la résistance du fil, la finesse (ou un complexe maturité-finesse) et la longueur.

Comme précédemment mentionné, les SCF sont considérés comme une des principales sources de défauts de régularité du fil de coton (Pearson, 1955; Gupta et Vijayshankar, 1985; Bargerion et Garner, 1991; Frydrych *et al.*, 1999; Krifa *et al.*, 2000). Ils sont également associées à une baisse de productivité lors du processus de filature (Price, 1987). Peu de travaux ont pris en compte un éventuel effet des SCF sur la résistance du fil.

Pearson (1944) a avancé l'hypothèse que la présence accrue de neps (dus à des fibres immatures ou à des SCF) dans le coton ne serait pas uniquement préjudiciable à la régularité du fil, mais pourrait également avoir un effet négatif sur sa résistance. En effet, la présence d'un tel défaut étroitement logé dans la structure du fil serait de nature à perturber la torsion dans la zone du défaut et donc à créer des points de faible résistance en diminuant la cohésion entre les fibres.

Sawich-Towler et Rogers (1997) ont comparé les propriétés dynamométriques de portions de fil issues d'une filature à rotor (OE) contenant ou pas un neps (fibre ou SCF) en leur centre. Ils ont observé que la casse du fil se produisait fréquemment au voisinage des neps et ont donc conclu que la présence de tels défauts dans le fil contribuait à la création de points faibles. Cependant, ils n'ont pas noté une baisse significative de la charge spécifique à la rupture due à cet effet.

Lors de précédents travaux (Krifa, 1997), nous avons mis en évidence une relation très hautement significative entre la quantité de SCF dans le coton et la résistance du fil (RS et OE 20 tex, cf. § III.2.5). Il est apparu que la présence accrue de SCF dans le coton est accompagnée d'une baisse de la charge spécifique à la rupture. Matusiak *et al.* (Matusiak *et al.*, 2000), également dans une étude de corrélation, ont observé la même tendance sur du fil OE (27 tex).

Toutes les conclusions apportées par ces auteurs sont plus des présomptions que des faits avérés quant à la présence d'un effet significatif des neps et particulièrement des SCF sur la résistance du fil. Ceci est certainement dû à la multitude de facteurs pouvant influencer la résistance du fil, qui est une résultante de l'interaction de divers paramètres de qualité de la fibre et de conditions de filature.

Les SCF ont-ils eux aussi un effet significatif sur la résistance du fil ? Il paraît peu probable que de telles impuretés puissent se loger dans la structure du fil sans y créer, au moins dans certains cas, une perturbation pouvant réduire sa résistance (*Figure VI-1*).

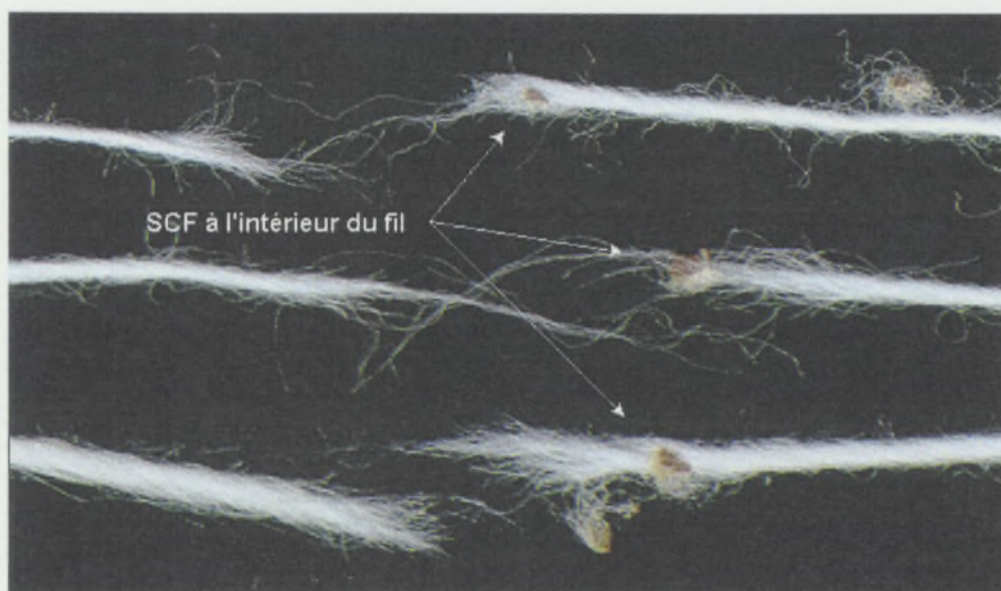


Figure VI-1 : SCF sur le fil, casse sur dynamomètre fil à fil.

Le principal objectif de cette expérimentation est de déterminer le rôle joué par les SCF dans la résistance du fil. Ceci dit, comme nous allons le voir lors de la présentation des méthodes et de la discussion des résultats, des comptages AFIS et des analyses régularimétriques du fil ont été réalisés en complément.



## VI.1.2 Matériel et méthodes

Cinq variétés de coton de différentes origines et de caractéristiques physiques de fibres variées ont été sélectionnées pour cette expérimentation. Les principales caractéristiques technologiques des cotons retenus pour cette étude sont présentées au *Tableau VI-1*. Ces cotons représentent une importante gamme de ténacité et de finesse des fibres.

Deux échantillons de fibre ont été prélevés au sein d'un mélange homogène de chaque variété. Une filature en RS 20 tex a ensuite été effectuée dans des conditions ambiantes contrôlées ( $T : 22 \pm 1^\circ\text{C}$  et  $HR : 45 \pm 2\%$ ) successivement sur les deux échantillons. Sur l'un d'eux, les SCF ont été repérés à l'œil nu et extraits de la fibre (avant la filature) à l'aide de pinces Brucelles. Des analyses AFIS et Trashcam ont été réalisées sur des échantillons de fibres prélevées avant et après soustraction des SCF. Toutes les filatures ont été effectuées sur la même broche et avec les mêmes taux d'étirages, afin de minimiser le nombre de facteurs pouvant influencer la qualité du fil.

Nous avons donc produit du fil à partir d'échantillons de coton ayant les mêmes propriétés de fibres et ayant été filés dans des conditions identiques (même broche, mêmes réglages). La seule différence entre les deux échantillons consiste en la présence ou l'absence de SCF.

Les filés produits ont ensuite été testés en régularimétrie type capacitif (1 000 m de fil testés sur UT3) et en dynamométrie (dynamomètre à gradient d'allongement constant) avec 335 casses par test, sur une longueur d'échantillon de 20 cm et avec une vitesse de 50 mm/min.

Étant donné la durée et la difficulté de la soustraction manuelle des SCF, seule une de ces cinq variétés a subi une deuxième répétition pour inclure dans les effets testés la possible variation de résistance du fil entre deux échantillons indépendants d'un même coton (échantillons 3 et 4, *Tableau VI-1*). Pour les mêmes raisons, seuls les échantillons 1 à 3 ont été testés en micro-filature OE.

En totalité, six échantillons et deux niveaux de quantité de SCF (12 traitements) ont donc été utilisés en RS 20 tex pour cette expérimentation. Dans le cas de la filature OE, nous nous sommes contentés de 3 échantillons et deux niveaux de contenu en SCF. Toutes les analyses sur fil ont été effectuées dans des conditions de température et d'humidité relative maintenues constantes à  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  et  $65 \pm 2\%$ .

**Tableau VI-1 : Données technologiques des six échantillons.**

Échantillon	ML (mm)	UHML (mm)	UNIF (%)	Ténacité (g/tex)	H (mtex)	HS (mtex)	MR	IM
1	25,3	30,4	83,1	29,5	157	178	0,88	3,8
2	25,3	30,3	83,6	31,9	137	155	0,88	3,4
3 et 4	25,1	30	83,6	33,1	148	169	0,87	3,6
5	21,5	26,3	81,7	28,4	179	210	0,85	4,1
6	22,5	27,5	81,7	27	175	222	0,78	3,8

Les étapes suivies au cours de cette expérimentation ont été schématisées dans la *Figure VI-2*. La discussion des résultats de cette étude va se dérouler en plusieurs parties. Nous commencerons par vérifier la validité des hypothèses émises quant à l'homogénéité des mélanges de fibres dans lesquels chaque paire d'échantillons a été prélevée. Nous examinerons ensuite l'effet de la soustraction sur les SCF détectés dans le fil par Trashcam et sur les différentes impuretés détectées dans la fibre par AFIS.

Nous nous attarderons par la suite sur la discussion des résultats concernant la régularité et les propriétés dynamométriques du fil RS. Quand au cas du fil OE, il sera abordé brièvement à la fin du paragraphe.



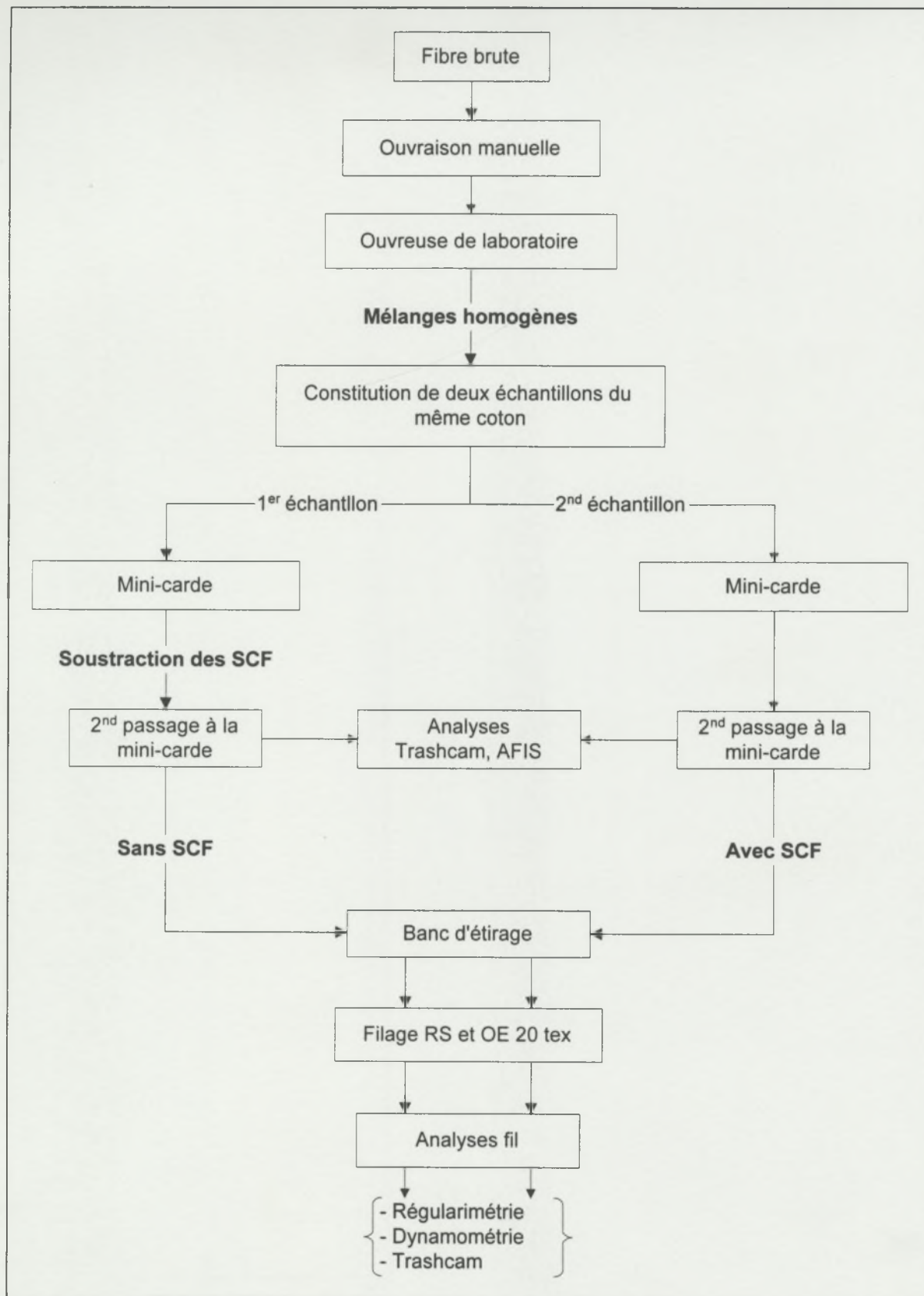


Figure VI-2 : Représentation schématique du mode opératoire de l'expérimentation par soustraction des SCF.

### VI.1.3 Vérification des hypothèses

#### VI.1.3.1 Hypothèse d'homogénéité des mélanges

L'interprétation des résultats issus de l'expérimentation par soustraction des SCF est tributaire de l'hypothèse d'homogénéité des mélanges dans lesquels deux échantillons de chaque coton (l'un des deux devant subir la soustraction des SCF) ont été prélevés. En effet, pour pouvoir conclure que les différences constatées sur les différents paramètres de qualité du fil sont principalement dues à la présence ou non des SCF, il est nécessaire de vérifier que les propriétés technologiques des fibres ne sont pas différentes entre échantillons d'un même coton.

La vérification de cette hypothèse peut être réalisée sur la base des analyses AFIS en comparant les résultats obtenus au sein de chaque coton entre échantillons avec ou sans SCF.

Le *Tableau VI-2* rapporte les résultats des comparaisons par observations appariées réalisées sur les six échantillons pour les quatre principales caractéristiques des fibres mesurées par AFIS (longueur, fibres courtes, finesse et maturité).

**Tableau VI-2 : Tests de comparaison par observations appariées des caractéristiques des fibres des échantillons avec et sans SCF, provenant d'un même coton.**

Variable	ddl	R <sup>2</sup>	Différence moyenne (avec SCF- sans SCF)	t-Ratio	Prob >  t
Longueur (L <sub>w</sub> mm)	5	0,96	-0,0976	-1,2507	0,2647 ns
Fibres courtes (SFC <sub>w</sub> %)	5	0,81	0,2192	1,1961	0,2853 ns
Finesse (mtex)	5	0,98	0,5917	0,8673	0,4254 ns
MR	5	0,65	0,0037	0,894	0,4123 ns

Les principales caractéristiques technologiques des fibres, mesurées par AFIS, sont identiques au sein d'un même coton pour les échantillons avec et sans SCF. Au vu de ces résultats, l'hypothèse d'homogénéité des mélanges, dans lesquels chaque paire d'échantillons a été prélevée, est vérifiée. Les différences de qualité du fil entre les deux échantillons d'un même coton, pourront par conséquent être considérées comme principalement dues à la présence ou l'absence des SCF.

#### VI.1.3.2 Elimination des SCF

Les résultats de comptage et de mesure de la taille apparente des SCF par Trashcam sont rapportés au *Tableau VI-3*.

Les comptages Trashcam montrent la présence d'une quantité résiduelle de SCF dans le fil ayant subi la soustraction. La comparaison des moyennes des tailles apparentes mesurées par Trashcam, au sein de chaque paire d'échantillons, montre que les SCF résiduels après soustraction sont de petite taille (surface moyenne d'environ 0,1 mm<sup>2</sup>).



**Tableau VI-3 : Comptage et mesure de la taille apparente moyenne des SCF par Trashcam sur plaquettes de fil RS 20 tex.**

Coton	Échantillons avec SCF (sans soustraction)		Échantillons sans SCF (soustraction)	
	SCF / 100 m	Taille moyenne (mm <sup>2</sup> )	SCF / 100 m	Taille moyenne (mm <sup>2</sup> )
1	256	0,259	53	0,109
2	139	0,283	28	0,135
3	224	0,323	61	0,139
4	242	0,337	87	0,123
5	77	0,423	25	0,138
6	134	0,307	35	0,091

Pour la suite de ce paragraphe, les deux jeux d'échantillons vont être désignés « avec SCF » et « sans SCF », bien que la soustraction des SCF n'ait pas été totale.

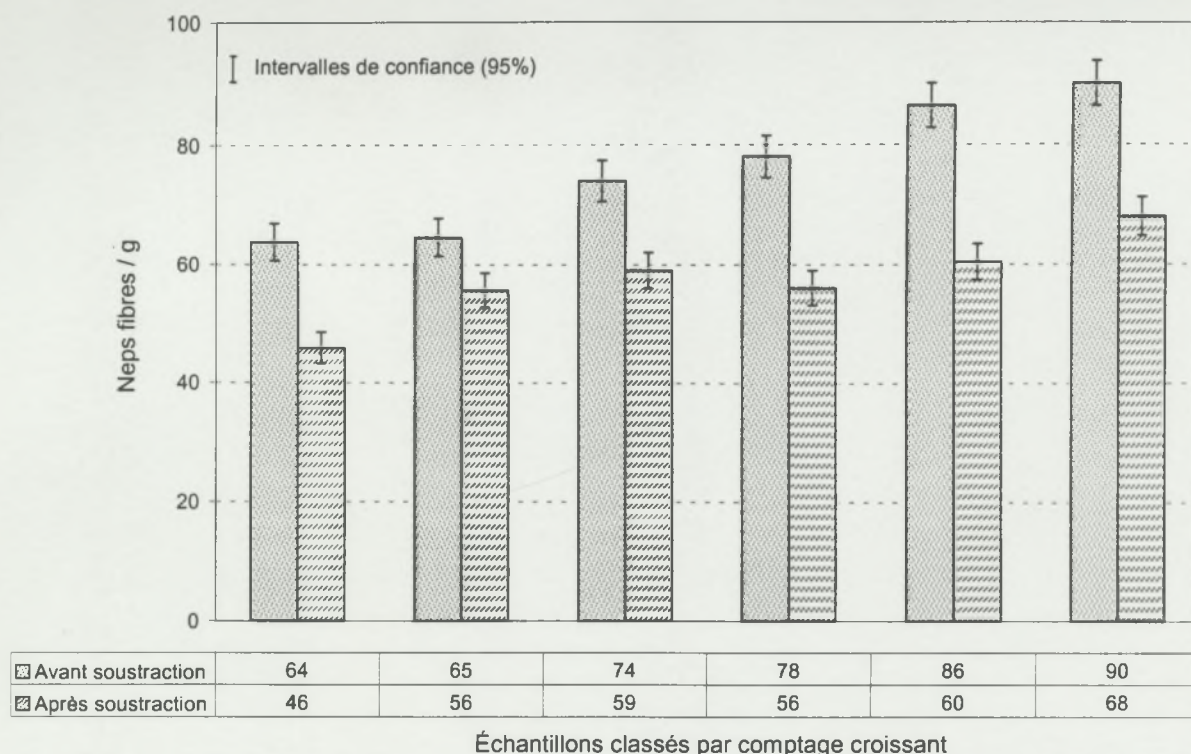
Les résultats obtenus sur AFIS ont également été examinés (*Tableau VI-4, Figure VI-3*). Bien que ce ne soit pas le principal objectif de cette expérimentation, l'examen des résultats AFIS pourrait apporter des informations supplémentaires sur la manière dont cet appareil traite les SCF présents dans la fibre. Nous avons représenté dans le *Tableau VI-4* les comptages obtenus pour les différents types d'impuretés végétales détectées par AFIS avant et après soustraction des SCF.

**Tableau VI-4 : Impuretés détectées dans la fibre par AFIS avant et après soustraction des SCF.**

Coton	SCN / g		Impuretés diverses ( <i>Trash</i> / g)		Poussières ( <i>Dust</i> / g)	
	Avant soustraction	Après soustraction	Avant soustraction	Après soustraction	Avant soustraction	Après soustraction
1	16	1	12	0	26	12
2	7	0	10	0	20	7
3	19	2	8	0	19	11
4	19	4	8	0	34	16
5	8	2	6	1	62	11
6	9	2	10	0	47	18

Comme le montrent les résultats ci-dessus, la soustraction des SCF a entraîné une diminution de tous les types d'impuretés végétales détectées par AFIS. Il apparaît donc que cet appareil effectue une classification au sein de la gamme globale des SCF comme nous l'avons précédemment mentionné. En effet, une partie de ces impuretés est considérée, à juste titre, comme étant des SCN ; une seconde partie est prise en compte dans les impuretés diverses (*Trash*) ; et enfin, la dernière partie est classée dans les poussières (*Dust*).

Cette distinction au sein de la gamme globale des SCF a déjà été abordée à plusieurs reprises dans les précédents chapitres. Les résultats ci-dessus n'en sont donc qu'une confirmation. En revanche, dans le cas précis des neps fibres (*Figure VI-3*), la soustraction des SCF ne devrait avoir aucun effet sur le comptage.



**Figure VI-3 : Comptages des neps fibres par AFIS avant et après soustraction des SCF.**

La Figure VI-3 fait état d'une diminution significative du nombre de neps fibres détectés par AFIS après soustraction des SCF. Cette diminution laisse apparaître un biais dans l'identification des neps par le module « *neps classification* » d'AFIS. En effet, une partie significative des SCF semble être prise en compte comme étant des neps fibres d'où la diminution significative du comptage des neps fibres après soustraction des SCF.

#### VI.1.4 Effet de la soustraction des SCF sur les propriétés régularimétriques du fil RS 20 tex

Dans ce paragraphe, nous allons considérer la régularité du fil en prenant en compte les défauts d'épaisseur détectés par le régularimètre à différents seuils de sensibilité, à savoir : +140%, +200% et +280% pour les défauts courts (neps). Les défauts longs, quant à eux, ont été détectés à des seuils de +50% pour les points gros et -50% pour les points minces.

Comme le régularimètre UT3 donne des comptages cumulés<sup>1</sup> de différents types de neps, les comptages correspondant aux neps +140% et +200% ont été recalculés pour fournir des valeurs indépendantes, i.e. neps entre +140% et +200 % ; neps entre +200% et

<sup>1</sup> À un seuil de sensibilité donné, le régularimètre dénombre toutes les imperfections dépassant le seuil. Un neps représentant une variation de masse de +400% par exemple, est pris en compte dans chacune des classes +140%, +200% et +280%.



+280% ; et plus de +280% ; la somme de ces deux dernières classes correspond dans le cas du fil RS au comptage des « neps totaux » (cf. § II.2.3.4.2).

#### VI.1.4.1 Régularité (CV%)

Le *Tableau VI-5* représente les valeurs de régularité de la masse du fil RS 20 tex mesurées sur UT3 (CV%) pour les six paires d'échantillons testés. Une analyse de variance à deux facteurs a été réalisée sur les jeux de données de régularité. Les deux facteurs considérés sont la variété de coton (cinq niveaux, cf. *Tableau VI-1*) et le facteur SCF (deux niveaux : présence ou absence). Les résultats de l'analyse de variance sont rapportés dans le *Tableau VI-6*.

**Tableau VI-5 : Régularité du fil (CV%) avec ou sans retrait des SCF avant filature (fil RS 20 tex).**

Échantillons	1	2	3	4	5	6
Avec SCF	20,33	18,09	18,30	18,93	21,72	21,31
Sans SCF	19,48	17,39	17,03	17,75	21,64	19,93

**Tableau VI-6 : Analyse de variance, effet du retrait des SCF sur la régularité du fil RS 20 tex.**

Source	DDL	Somme des carrés	F ratio	Prob.>F	Sign.
Variété	4	27,16	39,34	0,0002	***
SCF	1	2,47	14,33	0,0091	**
Erreur	6	1,03			
Total	11	30,67			

Le retrait des SCF s'est traduit par une amélioration (diminution des CV%), plus ou moins importante, de la régularité du fil pour tous les cotons. L'analyse de variance montre que cette amélioration est hautement significative.

#### VI.1.4.2 Imperfections du fil

Les *Figures VI-4 à VI-8* représentent les comptages UT3, sur le fil RS 20 tex, des différents types d'imperfections détectées par ce régularimètre ainsi que leurs intervalles de confiance (95%). Les effectifs ont été recalculés comme décrit précédemment ; respectivement les neps +140% à +200%, +200 % à +280%, +280 %, les points gros (+50%) et les points minces (-50%).

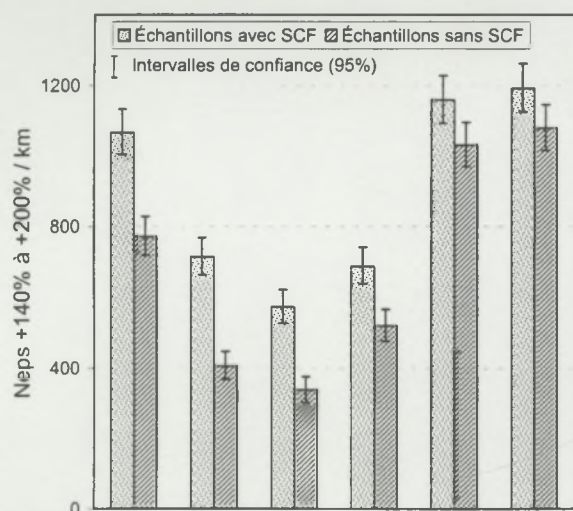


Figure VI-4 : Variation du nombre de neps « +140% à +200% » après retrait des SCF (fil RS 20 tex).

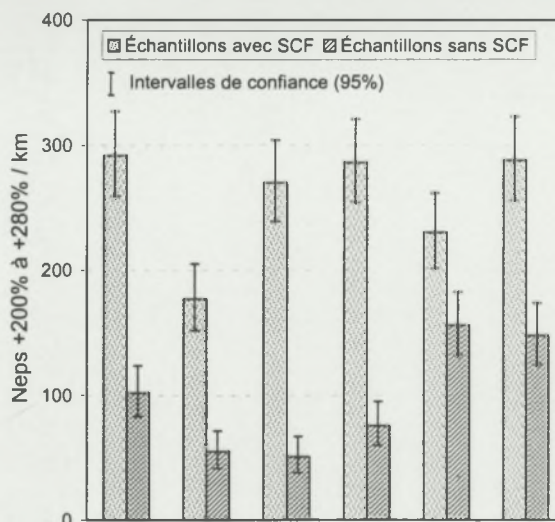


Figure VI-5 : Variation du nombre de neps « +200% à +280% » après retrait des SCF (fil RS 20 tex).

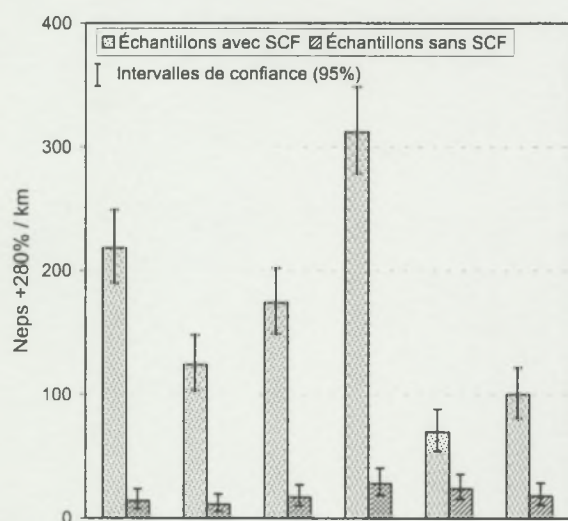


Figure VI-6 : Variation du nombre de neps +280% après retrait des SCF (fil RS 20 tex).

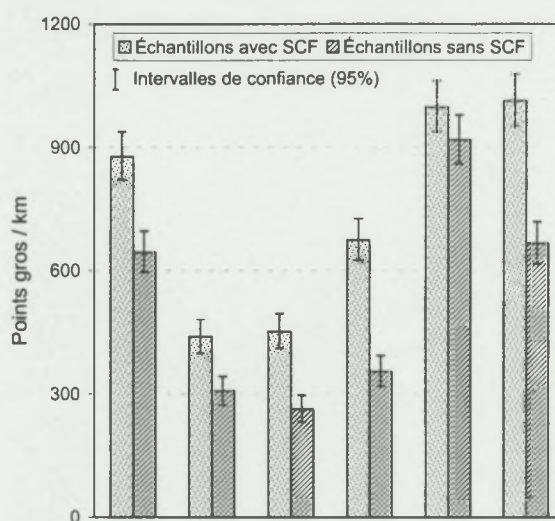


Figure VI-7 : Variation du nombre de points gros après retrait des SCF (fil RS 20 tex).

Comme attendu, le nombre de neps « +200% à +280% » présents dans le fil RS 20 tex a diminué significativement après retrait des SCF à partir des échantillons de fibres (Figure VI-5). D'autre part, nous pouvons également constater que les autres types d'imperfections détectés par le régularimètre (neps « +140% à +200% », neps 280% et points gros) ont diminué de manière significative pour la majorité des échantillons. Il apparaît donc, à partir de ces résultats, que les SCF ont contribué à la création de tous ces types de défauts du fil.



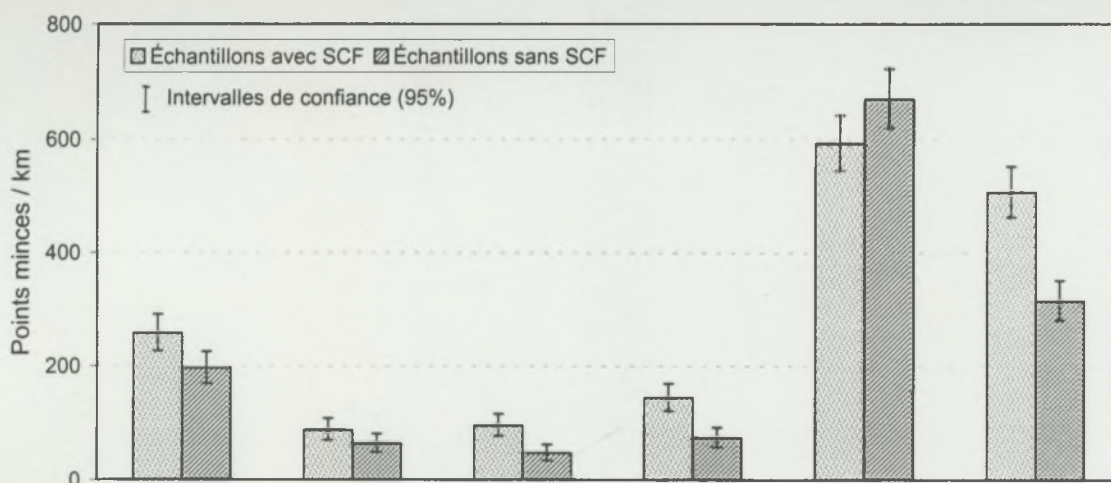


Figure VI-8 : Variation du nombre des points minces (-50%) après soustraction des SCF (fil RS 20 tex).

La Figure VI-8 montre que même le nombre de points minces a diminué significativement pour quatre des six échantillons testés.

Cette diminution pourrait être expliquée par l'étroite relation entre les points minces et les points gros. En effet, comme le montre la Figure VI-9, il existe une relation<sup>1</sup> très hautement significative entre ces deux types d'imperfections du fil. Il est donc vraisemblable que la diminution du nombre des points gros détectés ait entraîné celle des points minces. Nous pouvons d'ailleurs constater sur la Figure VI-10, qu'il existe une relation très hautement significative entre la variation relative<sup>2</sup>, après soustraction des SCF, du nombre de points minces et celle du nombre de points gros. Les comptages de ces deux types d'imperfections semblent en plus varier dans les mêmes proportions après retrait des SCF. Il est à noter que l'augmentation des points minces constatée pour l'un des six échantillons (point entouré, Figure VI-10) est non significative.

<sup>1</sup> Relation établie sur une gamme de plus de cent échantillons filés en RS 20 tex. Les données proviennent de la base de données du Laboratoire de Technologie Cotonnière du Cirad (SISTER, cf. § IV.3.1).

<sup>2</sup>  $[(\text{nombre sur fil avec SCF} - \text{nombre sur fil sans SCF}) / \text{nombre sur fil avec SCF}]$ .

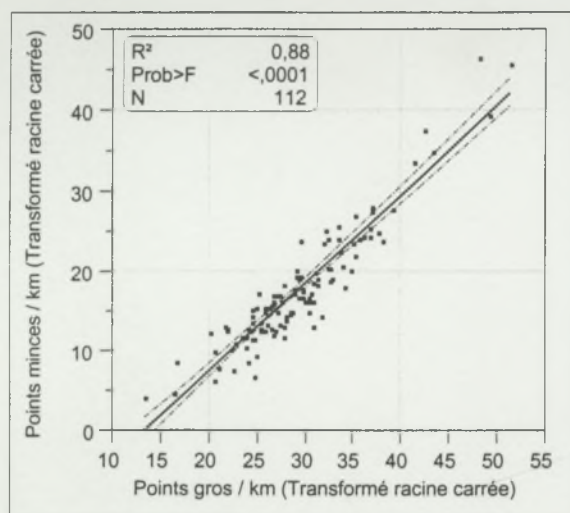


Figure VI-9 : Relation entre le nombre de points minces et de points gros détectés par UT3 sur du fil RS 20 tex.

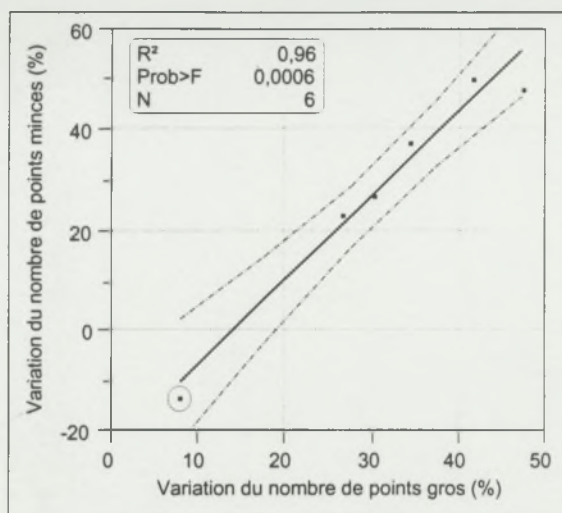


Figure VI-10 : Relation entre la variation du nombre de points minces et celle du nombre de points gros après soustraction des SCF.

Pour les six échantillons, la contribution des débris de coque dans chaque classe d'imperfection du fil peut être estimée par la variation relative des comptages des défauts au sein de chaque paire d'observations (*cf. note 2 p. 188*). Les pourcentages de différence de comptage pour chaque type de défaut sont rapportés au *Tableau VI-7*.

Tableau VI-7 : Différence relative (%) de comptage UT3 pour les différents types d'imperfections causée par la suppression des débris de coque (fil RS 20 tex).

Coton	Défauts courts (neps)			Défauts longs	
	+140% à +200%	+200% à +280%	+280%	Points gros	Points minces
1	27,65***	65,07***	93,58***	26,65***	23,74*
2	43,14***	68,93***	91,13***	30,30***	27,27 ns
3	41,01***	81,11***	90,23***	41,69***	50,53**
4	24,42*	73,43***	91,03***	47,48***	48,61*
5	11,03 ns	32,17*	65,71*	8,02 ns	-13,18 ns
6	9,40 ns	48,61***	82,00***	34,32***	37,94***

ns : Pas de différence significative ; \* : différence significative au risque  $\alpha = 0.05$  ; \*\* : différence significative au seuil  $\alpha = 0.01$  ; \*\*\* : différence significative au seuil  $\alpha = 0.001$ .

Ces résultats montrent que la proportion, due aux débris de coque, du nombre de chaque type d'imperfection est relativement variable. En considérant l'échantillon 1 comme exemple, le retrait des SCF a induit une diminution de 27% des comptages des neps « +140% à +200% », de 65% dans les neps « +200% à 280% », de 93% dans les neps « +280% » et de 27% pour les grosseurs du fil.

Globalement, les neps +280% et « +200% à +280% » ont subi la diminution la plus importante après soustraction des SCF. Ces défauts semblent donc principalement causés par la présence de débris de coque dans les échantillons.

D'autre part, la contribution relative des débris de coque dans un même type de défaut du fil varie d'un coton à l'autre. Ce phénomène est dû au fait que le nombre d'imperfections du fil est soumis à une interaction entre les SCF et certaines caractéristiques technologiques des fibres. Le *Tableau VI-8* montre en effet l'existence d'une corrélation significative entre la



contribution des SCF dans chaque classe de neps d'une part et les paramètres de longueur et de finesse des fibres d'autre part, pour les 6 échantillons étudiés.

**Tableau VI-8 : Coefficients de corrélation entre la contribution relative des SCF dans chaque type de défaut du fil et les principales caractéristiques technologiques des fibres.**

Type de défaut	ML (mm)	UHML (mm)	H (mtex)	Hs (mtex)	MR	IM
140%-200%	0,841*	0,829*	-0,922**	-0,920**	0,784	-0,814*
200%-280%	0,934**	0,923**	-0,879*	-0,830*	0,683	-0,835*
280%	0,945**	0,956**	-0,808	-0,733	0,552	-0,806
Points gros	0,652	0,644	-0,596	-0,461	0,243	-0,718
Points minces	0,650	0,648	-0,570	-0,421	0,185	-0,716

Il apparaît, en effet, que la proportion de neps dus aux SCF dépend de la longueur et de la finesse des fibres. Plus ces dernières sont longues et fines<sup>1</sup>, plus le pourcentage de neps dus à la présence des SCF est élevé et donc plus l'importance relative des SCF est élevée.

Comme le montrent les coefficients de corrélation du *Tableau VI-8*, aucune relation significative n'est constatée entre la contribution des SCF dans les défauts du fil et les paramètres de maturité (MR et IM). Nous ne pouvons pour autant pas conclure que cette caractéristique n'intervient pas dans l'interaction. En effet, il est fort probable qu'avec un nombre d'individus plus élevé et une gamme de maturités plus étendue, cette caractéristique serait également significativement liée à la contribution relative des SCF dans les défauts du fil.

La même remarque, notamment en ce qui concerne le nombre limité de degrés de liberté, peut être formulée pour les points gros.

<sup>1</sup> Moins H est élevée, plus les fibres sont fines, d'où les coefficients de corrélation négatifs du *Tableau VI-8*.

### VI.1.5 Effet de la soustraction des SCF sur la résistance du fil RS 20 tex

Les résultats de charge spécifique à la rupture (cN/tex) obtenus avec et sans soustraction des SCF sont représentés dans le *Tableau VI-9*. Dans une première approche, l'effet de la soustraction des SCF a été testé en comparant, au sein d'un même échantillon, les résistances du fil avec ou sans soustraction de SCF.

**Tableau VI-9 : Charge spécifique à la rupture (cN/tex) du fil RS 20 tex, mesurée sur dynamomètre à gradient d'allongement constant (335 casses).**

Échantillons	Avec SCF		Sans SCF		Différence	
	Moyenne	Variance	Moyenne	Variance	Moyenne	Variance
1	12,55	1,99	12,77	2,55	+0,22 ns	*
2	14,71	2,82	15,10	2,37	+0,39**	ns
3	15,48	2,80	16,48	2,80	+1,00 ***	ns
4	15,49	2,91	16,38	2,74	+0,89 ***	ns
5	11,96	2,99	12,23	3,54	+0,27 ns	ns
6	12,16	2,77	12,27	3	+0,11 ns	ns

ns : non significatif ( $\alpha=0,05$ ); \* : significatif ( $\alpha=0,05$ ); \*\* : hautement significatif ( $\alpha=0,01$ ); \*\*\* : très hautement significatif ( $\alpha=0,001$ )

Seule une partie des échantillons montre une amélioration significative de la charge spécifique à la rupture du fil produit après soustraction des SCF, les variances ne sont significativement différentes que pour l'échantillon 1.

Les échantillons 3 et 4 proviennent de la même variété de coton. Les résistances des fils produits de ces deux échantillons (au sein d'un même traitement) ne sont pas différentes que ce soit en présence ou en absence de SCF. Ceci montre de manière globale la bonne répétabilité de l'expérience (préparation, filature, analyses...).

L'effet de la présence de SCF sur la résistance du fil semble varier d'un coton à l'autre. En effet, l'amélioration de la charge spécifique à la rupture suite au retrait des SCF est plus ou moins importante selon les cotons. Ceci laisse entrevoir l'existence d'une interaction entre l'effet des SCF et l'origine variétale des cotons. Nous pouvons d'ores et déjà remarquer que les échantillons qui ont montré une amélioration de résistance sont ceux qui, à l'origine, ont la charge spécifique à la rupture la plus élevée.

Pour tester l'existence de cette interaction, une analyse de variance a été effectuée sur le jeu de données du *Tableau VI-9* suivant un modèle non équilibré (seuls deux traitements ayant été répétés). Le rapport d'analyse de variance est représenté au *Tableau VI-10*.

**Tableau VI-10: Tableau d'analyse de variance, effet de la soustraction des SCF sur la résistance du fil.**

Source	DDL	Somme des carrés	F Ratio	Prob>F
Variété	4	34,1516	4058,902	0,0002***
SCF	1	0,4124	196,050	0,0051**
Variété *SCF	4	0,3472	41,269	0,0238*

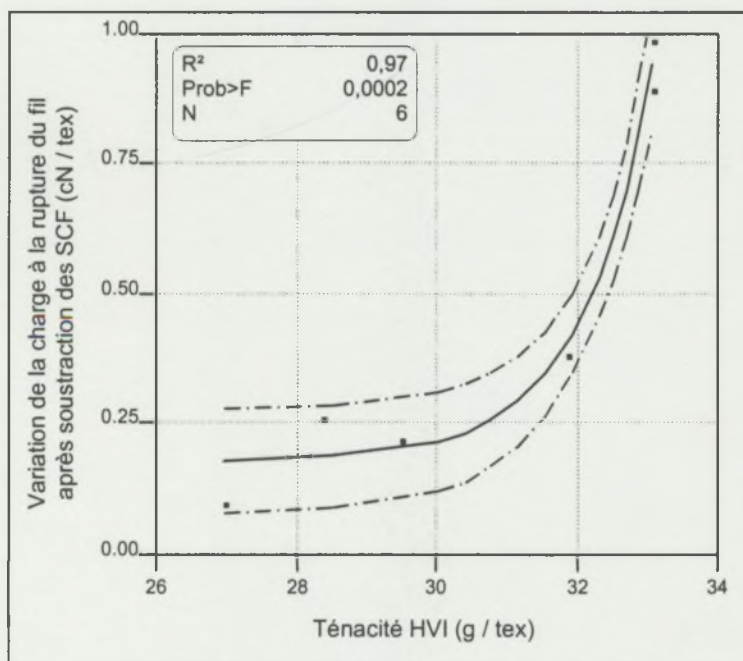
\* : significatif ( $\alpha=0,05$ ); \*\* : hautement significatif ( $\alpha=0,01$ ); \*\*\* : très hautement significatif ( $\alpha=0,001$ )

Outre un effet hautement significatif de la présence des SCF, l'analyse de variance a montré une interaction significative entre le facteur SCF (2 niveaux : présence / absence) et



le facteur variété (5 niveaux). Nous parvenons donc à détecter une interaction significative bien que le test soit peu puissant à cause du nombre réduit des traitements répétés.

Pour illustrer cette interaction, nous avons tenté de relier les caractéristiques de la qualité de la fibre à l'effet constaté sur la résistance du fil après soustraction des SCF. La Figure VI-11 illustre l'écart de mesure de résistance du fil, avec et sans SCF, en fonction de la résistance HVI des fibres. Une relation du type exponentiel a été testée entre les deux paramètres.



**Figure VI-11 : Relation entre la variation de ténacité du fil après soustraction des SCF et la ténacité des fibres (HVI).**

Nous observons une relation très hautement significative. Nous avons noté que la ténacité des fibres est généralement la propriété la plus reliée à la résistance du fil ; néanmoins d'autres paramètres de qualité de la fibre peuvent également intervenir dans l'interaction. Le temps très long de soustraction des débris de coque n'a pas pu permettre d'élargir la gamme de cotons et augmenter ainsi le nombre de degrés de liberté pour tester l'effet d'autres propriétés des fibres.

Une régression multiple pas à pas a toutefois été réalisée sur les données du Tableau VI-9. Différentes variables explicatives (propriétés technologiques des fibres, taille des SCF...) ont été introduites dans le modèle pour expliquer la différence de charge spécifique à la rupture entre fil avec et sans SCF. Avec une probabilité d'entrée et de rejet fixée à 0,05, seules la ténacité HVI et la finesse standard (Hs) des fibres ont été introduites avec succès dans le modèle. Cependant, avec le nombre de degré de liberté dont nous disposons, un tel modèle de régression multiple risque de manquer de puissance. Nous avons donc tenté d'examiner l'effet de la soustraction des SCF au sein de chaque coton, en établissant à chaque fois le lien éventuel entre le comportement des différents échantillons et les propriétés des fibres.

#### VI.1.5.1 Relation entre les SCF et la qualité de la fibre, interaction sur la résistance du fil

Les comparaisons effectuées au paragraphe précédent (*Tableau VI-9*) ne nous renseignent ni sur la manière dont la soustraction des SCF a agi sur la distribution de la résistance du fil, ni sur la raison pour laquelle il existe une différence de comportements entre cotons, traduisant l'interaction entre SCF et qualité de la fibre. Une méthode graphique d'analyse de données a donc été utilisée pour la comparaison détaillée des distributions des deux jeux de données ; Il s'agit de la courbe Quantile-Quantile empirique (Chambers *et al.*, 1983).

La courbe Quantile-Quantile empirique est une méthode graphique utilisée pour approfondir et mettre en valeur les analyses statistiques numériques. En effet, deux distributions empiriques peuvent différer de manières très variées si bien que la seule considération de paramètres de position (moyenne) et de dispersion (variance) peut souvent être insuffisante. En tenant compte de toute l'étendue des distributions, la courbe Quantile-Quantile empirique permet une comparaison plus détaillée de deux jeux de données observées.

Cette courbe est construite par le croisement des quantiles d'une distribution empirique avec les quantiles correspondants de l'autre distribution (Chambers *et al.*, 1983). Si les deux jeux de données sont notés  $x_i$ , ( $i = 1$  à  $n$ ), et  $y_j$ , ( $j = 1$  à  $m$ ), la courbe Quantile-Quantile est construite par les points de coordonnées  $Q_y(p)$  et  $Q_x(p)$ , avec  $p$  compris entre 0 et 1.

Les médianes des deux distributions, par exemple, constitueront les coordonnées  $(Q_x(0.5), Q_y(0.5))$  d'un point de la courbe Quantile-Quantile. Il en est de même pour les quartiles et pour tous les quantiles des deux distributions.

Si les deux distributions sont identiques, tous les points de la courbe seront situés sur la droite  $y = x$ . La déviation de la courbe Quantile-Quantile par rapport à la droite  $y = x$  nous renseigne sur la manière dont les deux distributions diffèrent.

Nous avons reporté sur les *Figures VI-12 à VI-17* les courbes Quantile-Quantile, représentant la comparaison des distributions de la charge spécifique à la rupture avant et après soustraction des SCF pour chaque échantillon testé. Une courbe représentant la droite  $y = x$  est également représentée sur chaque figure.



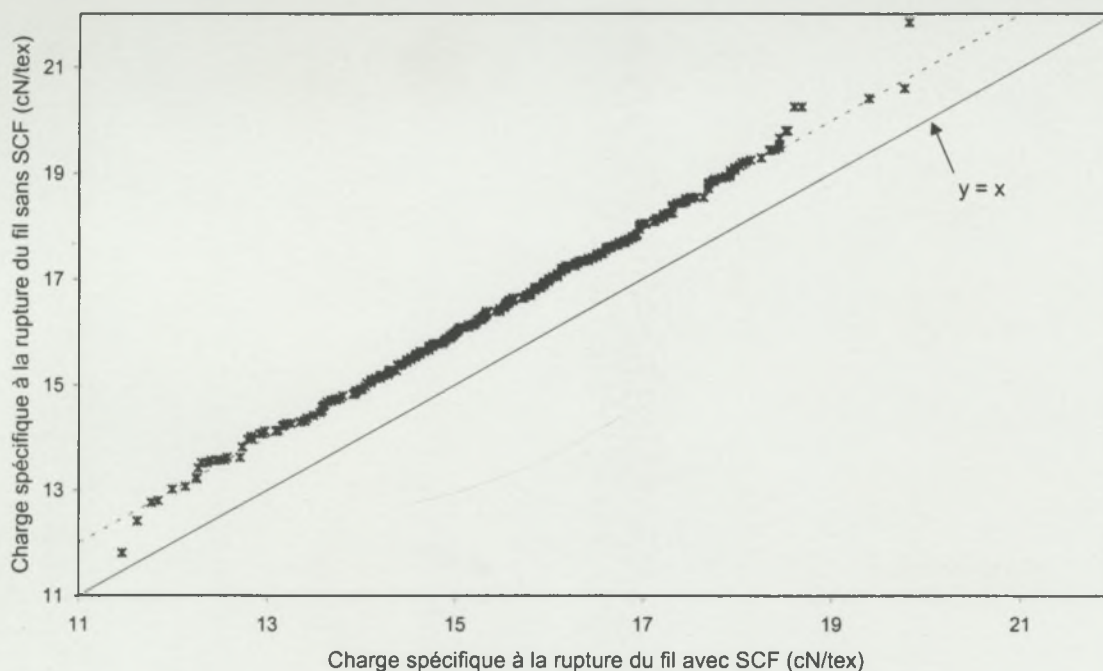


Figure VI-12 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 3 avant et après soustraction de SCF (fil RS 20 tex).

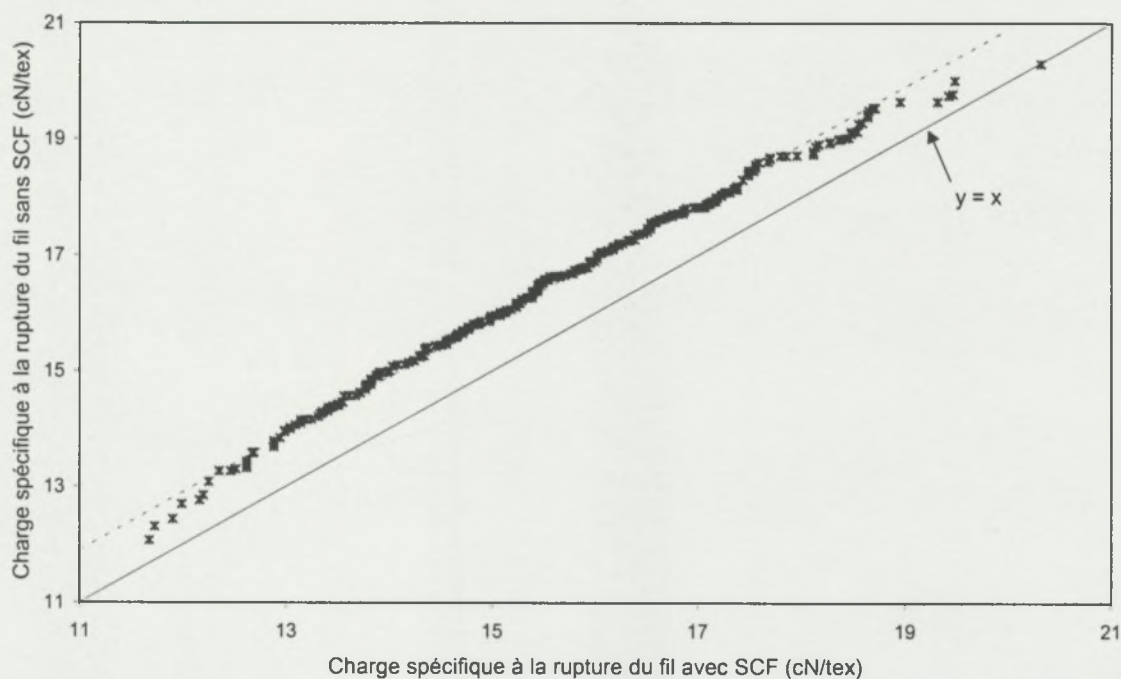


Figure VI-13 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 4 avant et après soustraction de SCF (fil RS 20 tex).

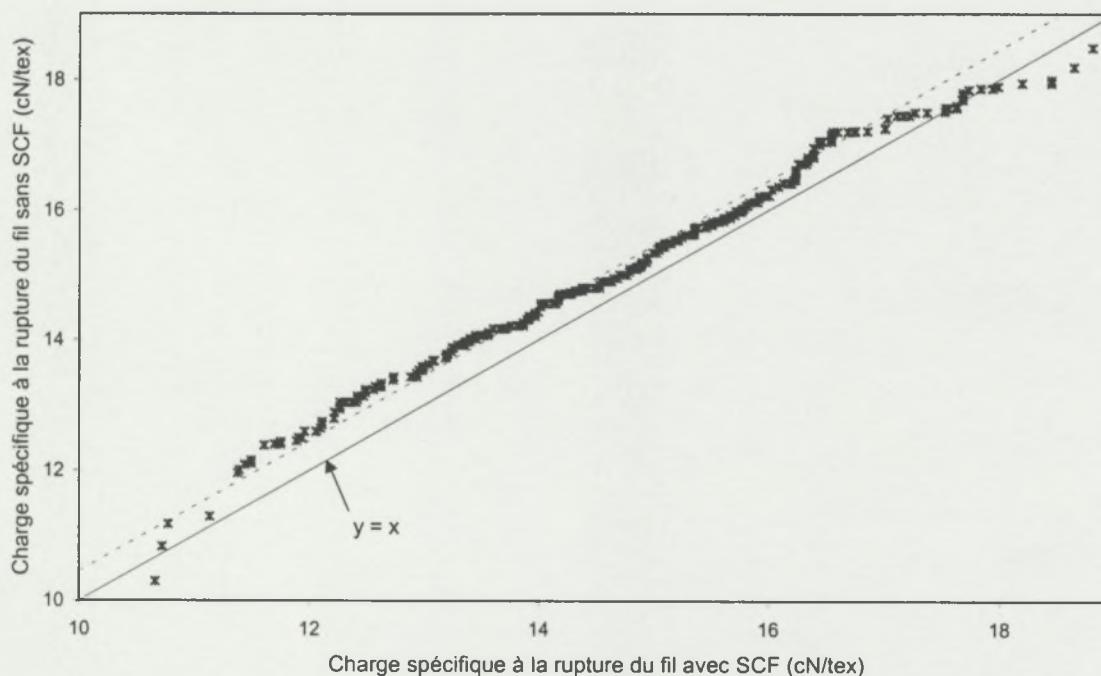
Les Figures VI-12 et VI-13 montrent que les deux échantillons 3 et 4 qui proviennent d'un même coton ont réagi de la même manière après soustraction des SCF. Tout les points empiriques reportés sur la courbe se situent au delà de la droite  $y = x$ , ce qui laisse apparaître une plus grande résistance du fil débarrassé des SCF pour ces échantillons.

D'autre part, les points empiriques sont disposés sur une droite (représentée en pointillé) parallèle à la droite  $y = x$ , mis à part les extrêmes classiquement plus dispersés. Ceci montre que la soustraction des SCF s'est traduite, pour ces deux échantillons, par une augmentation de la charge spécifique à la rupture d'une quantité uniformément répartie sur toute la distribution. En d'autres termes, la soustraction des SCF a décalé, sans la déformer, la distribution vers les grandes valeurs, les deux distributions restant similaires.

Ce glissement, sans déformation de la distribution, est associé à l'augmentation très hautement significative de la moyenne et à la stabilité de la variance constatées pour ces échantillons après soustraction des SCF (Tableau VI-9).

Les échantillons 3 et 4 ont la ténacité HVI la plus élevée et sont caractérisés par une bonne finesse relativement au reste des cotons de la gamme testée.

Pour l'échantillon 2, caractérisé par une ténacité HVI inférieure à celle des échantillons traités ci-dessus (Tableau VI-1), la courbe Quantile-Quantile empirique est représentée sur la Figure VI-14.



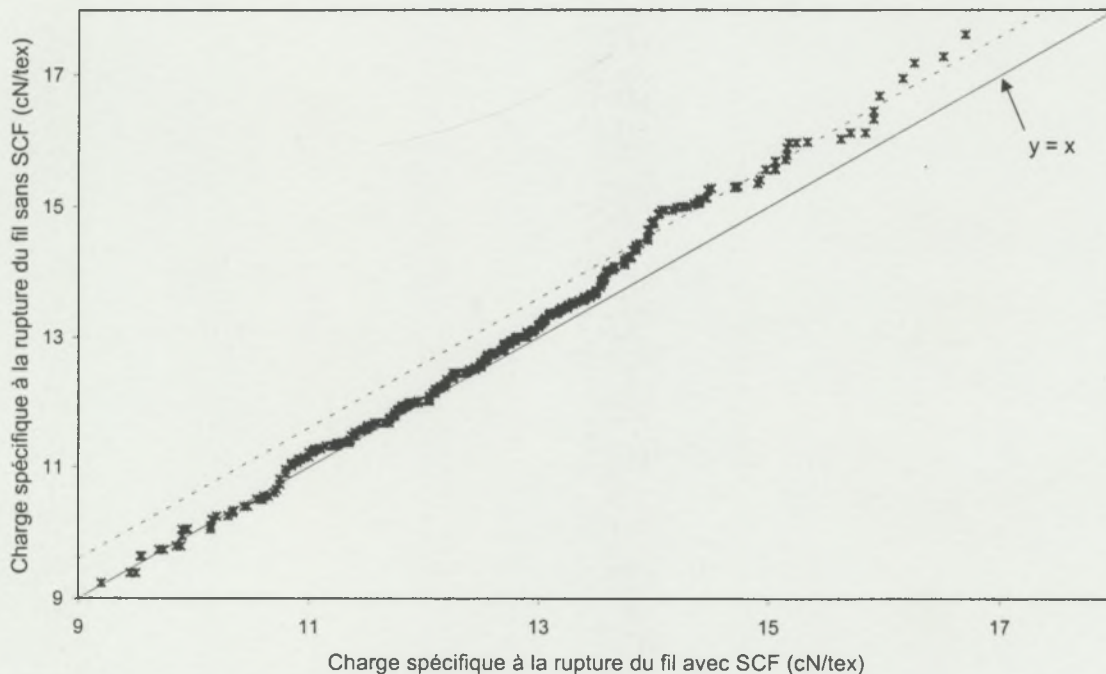
**Figure VI-14 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 2 avant et après soustraction de SCF (fil RS 20 tex).**

Mis à part les extrémités de la distribution, la majorité des points est située au delà de la droite  $y = x$ . Nous pouvons également constater que les points empiriques peuvent être ajustés autour d'une parallèle à la droite  $y = x$ . Cependant cette parallèle est plus proche de la bissectrice que pour les échantillons 3 et 4. D'autre part, l'ajustement autour de cette parallèle est moins net.



Ce graphique laisse donc apparaître un glissement de la distribution mais d'une moindre importance. Ce glissement s'est traduit de la même manière par une augmentation hautement significative de la moyenne et une stabilité de la variance (*Tableau VI-9*).

La *Figure VI-15* représente la courbe Quantile-Quantile empirique relative aux résultats des tests dynamométriques de l'échantillon noté 1. Ce dernier est caractérisé par une ténacité HVI inférieure et une masse linéique supérieure aux trois précédents, les paramètres de longueur et de maturité quant à eux ne varient pas (*Tableau VI-1*).



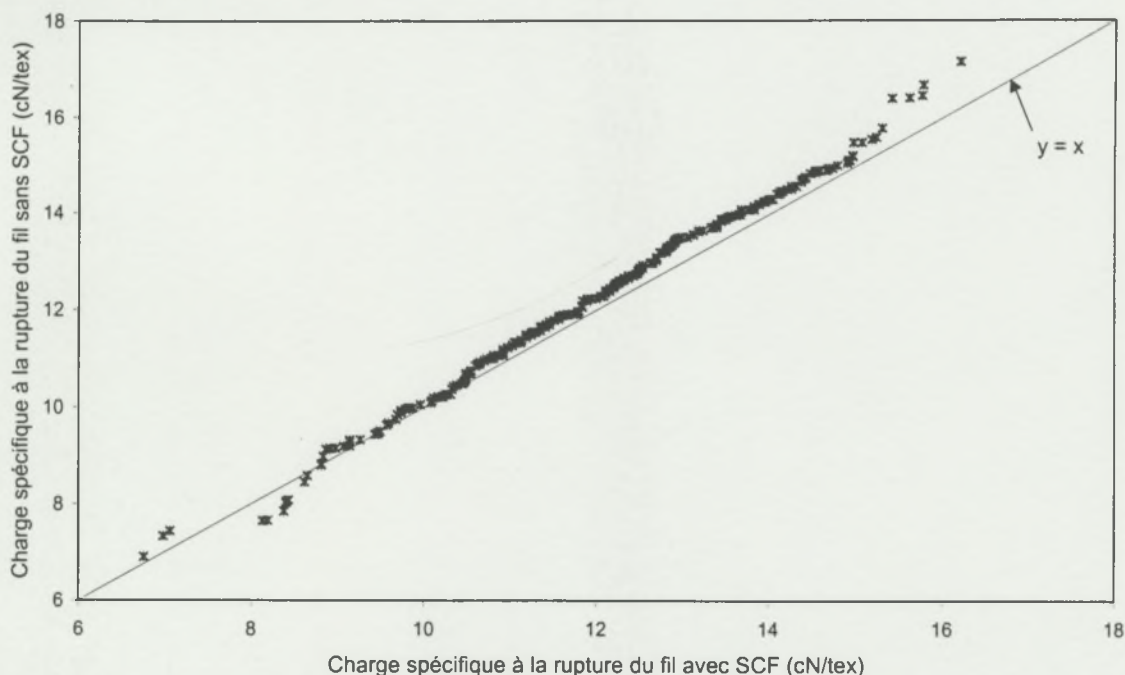
**Figure VI-15 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 1 avant et après soustraction de SCF (fil RS 20 tex).**

Cet échantillon montre un comportement, après soustraction des SCF, différent des trois premiers. En effet, les points de la courbe Quantile-Quantile sont disposés sur la droite  $y = x$  pour les petites valeurs de résistance, et commencent à s'en écarter à partir d'une valeur de ténacité d'environ 13.5 cN/tex. Après s'être écarté de la bissectrice, la courbe des quantiles se stabilise à partir de 14 cN/tex autour d'une parallèle à cette droite.

Cette configuration laisse apparaître un décalage de la distribution des valeurs de ténacité, mais uniquement dans sa partie haute. Dans ce cas, la soustraction des SCF ne paraît avoir un effet que sur les segments de fil testés ayant une résistance élevée. L'autre partie de la distribution (segments de faible résistance) n'a pas subi de modification.

Cet effet a donc provoqué une déformation de la distribution qui s'est traduite par une non-égalité des variances et une stabilité apparente de la moyenne (*Tableau VI-9*), l'écart enregistré sur une partie de la distribution n'ayant pas été suffisant pour donner une différence significative entre les moyennes.

La courbe Quantile-Quantile empirique de l'échantillon 5 est représentée sur la *Figure VI-16*. Ce dernier est caractérisé par une ténacité HVI et des paramètres de qualité encore inférieurs à ceux de tous les échantillons déjà présentés (*Tableau VI-1*).



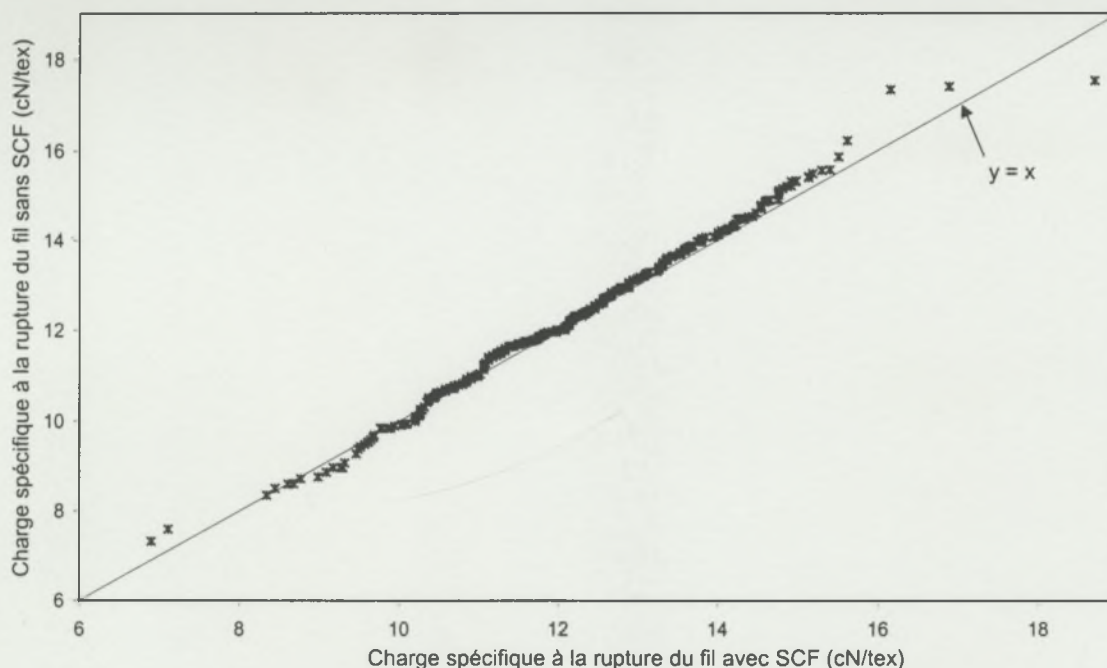
**Figure VI-16 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 5 avant et après soustraction de SCF (fil RS 20 tex).**

La courbe de la *Figure VI-16* montre une forme analogue à celle de la *Figure VI-15*. Cependant, dans le cas présent l'écart par rapport à la droite  $y = x$  semble être inférieur, les points de la courbe empirique restants proches de cette droite.

Pour cet échantillon, la déformation de la distribution après soustraction des SCF est moins prononcée, si bien qu'il n'y a eu de répercussion significative ni sur les variances ni sur les moyennes des deux distributions (*Tableau VI-9*).

La courbe Quantile-Quantile obtenue pour le dernier échantillon (6) est reportée sur la *Figure VI-17*. Cet échantillon possède la ténacité HVI la moins élevée de tous, une masse linéique (H) élevée et globalement une qualité de fibres pouvant être jugée à partir des données HVI comme inférieure à celle de tous les autres cotons (*Tableau VI-1*).





**Figure VI-17 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 6 avant et après soustraction de SCF (fil RS 20 tex).**

Dans ce dernier cas, les points de la courbe Quantile-Quantile restent au voisinage de la droite  $y = x$ . Pour ce coton, les deux distributions de la charge spécifique à la rupture du fil semblent identiques en présence ou en absence de SCF. Cette configuration se traduit d'ailleurs par une égalité des variances et des moyennes (Tableau VI-9).

#### VI.1.5.2 Synthèse

L'effet des SCF sur la résistance du fil dépend de la qualité technologique de la fibre. À l'issue des expérimentations par soustraction des SCF, il apparaît que meilleure est la qualité fibre du coton, plus les SCF sont susceptibles de réduire la résistance du fil qui en est issu.

Cette hypothèse est appuyée par le comportement particulièrement intéressant de l'échantillon 1 (Figure VI-15). Pour cet échantillon, qui comme le montre le Tableau VI-1, peut être considéré comme étant de qualité moyenne par rapport au reste de la gamme testée, l'amélioration de la résistance n'a été remarquée que pour une partie de la distribution : les segments de fil de ténacité élevée. L'effet des SCF sur la résistance du fil n'est donc sensible que si cette dernière est d'une valeur assez élevée.

Pour expliquer ce comportement, nous allons nous rapporter à l'échelle du segment de fil ayant subi le test dynamométrique. Au cours du test de traction, la rupture du fil a lieu au point le plus faible au moment où la contrainte atteint la valeur maximale supportée à ce point.

Supposons un segment de fil exempt de SCF, soit  $R_{\min}$  la résistance au point le plus faible de ce segment, pouvant correspondre à un éventuel défaut de régularité du fil. Si un SCF vient s'insérer dans ce segment de fil, il n'aura d'effet négatif sur la résistance que s'il produit un point dont la résistance est inférieure à  $R_{\min}$  (donc à celle de tous les autres points du fil testé).

Dans le cas où  $R_{\min}$  est élevée, ce qui serait le cas d'un fil de bonne résistance contenant peu de points faibles, le SCF aura plus de chance de produire un point dont la résistance est inférieure à cette valeur. Il aura donc un effet sensible sur la résistance du fil. Dans le cas contraire ( $R_{\min}$  faible, cas d'un fil de faible résistance ayant un nombre élevé de points faibles), la résistance au point créé par le SCF aura plus de chances de demeurer supérieure ou égale à celle du point le plus faible. La présence du SCF dans le fil n'aura donc que rarement ou pas du tout d'effet sur sa résistance. Cette hypothèse pourrait expliquer les conclusions obtenues à l'issue de nos expérimentations.

Ce comportement peut être résumé par un seul schéma représentant l'importance du rôle joué par les SCF comme facteur d'influence de la résistance du fil (Figure VI-18). Ce schéma reprend le principe des courbes Quantiles-Quantiles pour illustrer les écarts entre distributions.

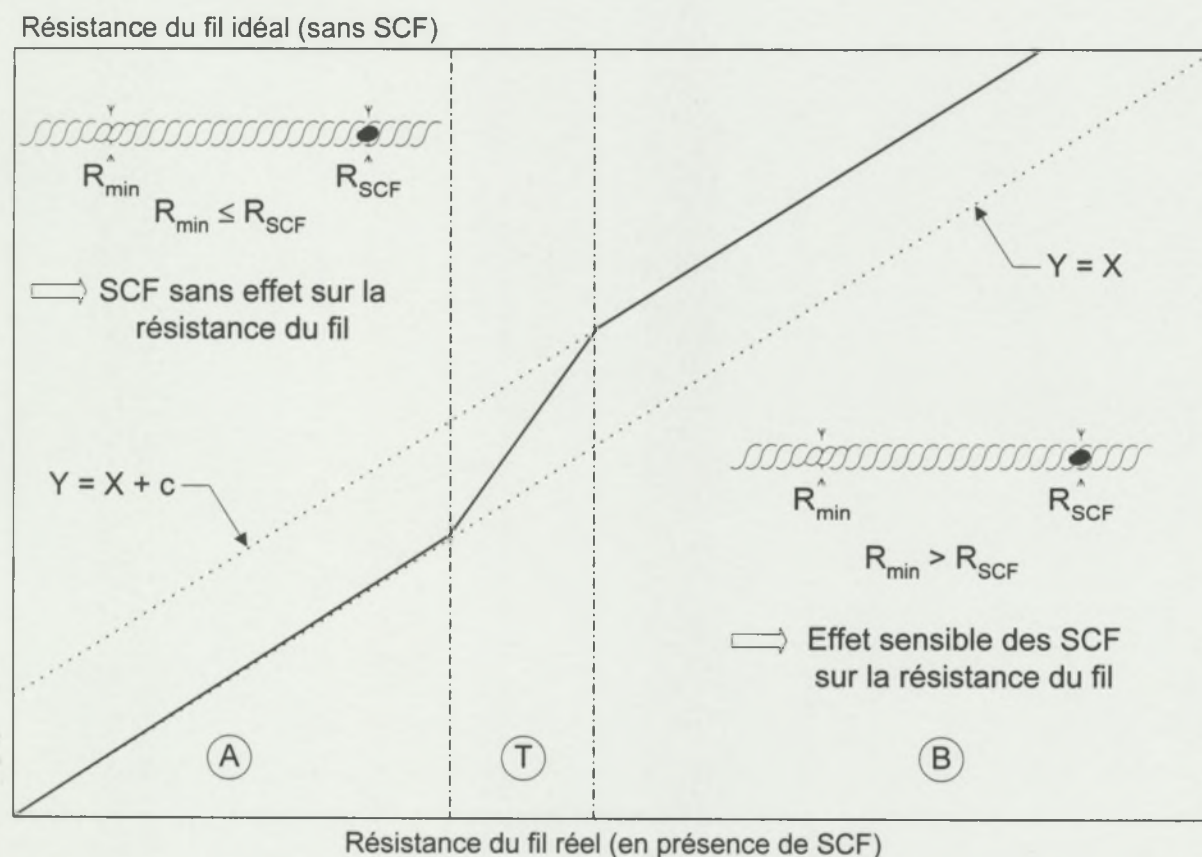


Figure VI-18: Effet des SCF sur la résistance du fil : récapitulation.

La Figure VI-18 est constituée de deux zones principales représentant deux comportements distincts de la résistance du fil vis à vis des SCF. Ces deux zones



correspondent à des gammes différentes de qualité fibre déterminant un effet différent des SCF sur la résistance du fil (interaction SCF - qualité fibres).

- Zone A : formée par les cotons de moins bonne qualité fibre (ténacité, finesse, longueur...), qui donnent du fil de faible résistance ; les caractéristiques de finesse et de longueur (fibres grossières et courtes) favorisent la présence de points faibles pouvant avoir une résistance inférieure à celle du point d'insertion du SCF ( $R_{min} \leq R_{SCF}$ ). Aucun effet sensible des SCF sur la résistance du fil n'apparaît donc dans cette zone. Elle est représentée, dans la gamme testée, par les échantillons 5 et 6 (Figures VI-16 et VI-17).
- Zone B : correspond à un effet sensible et significatif des SCF sur la résistance du fil. Cette zone serait formée par des cotons de bonne qualité fibre favorisant la formation d'un filé de bonne résistance et contenant peu de points faibles. L'insertion d'un SCF dans le fil va donc se traduire par une diminution de la résistance ( $R_{min} > R_{SCF}$ ). Cette zone correspond aux références 3, 4 et 2 dans la gamme d'échantillons testés (Figures VI-12, VI-13 et VI-14).

Entre ces deux zones, une troisième a été isolée. Dans cette dernière, la courbe représentant la comparaison entre la résistance du fil en présence ou en absence de SCF commence à s'écarter de la droite  $y = x$ . Cette partie (T) représente une transition entre les deux zones principales A et B et traduit le début d'apparition d'un effet sensible des SCF sur la résistance du fil.

L'échantillon 1 apparaît particulièrement représentatif de la situation globale. En effet, par ses caractéristiques fibres moyennes (ténacité, finesse), cet échantillon présente à la fois les deux zones principales (A et B), les autres échantillons ne présentent qu'une seule des deux zones. D'où l'apparition de la transition ou du décrochement dans le cas de cet échantillon (Figure VI-15) qui donne à la fois des segments de fil résistants (au sein desquels les SCF ont un effet : zone B où  $R_{min} > R_{SCF}$ ) et d'autres peu résistants (sans effet des SCF : zone A).

Il est important de rappeler que la représentation graphique (Figure VI-18) est un schéma de synthèse des résultats expérimentaux obtenus sur un nombre limité d'échantillons de coton (ayant des caractéristiques fibre différentes). Par la droite  $y = x + c$ , et sa position par rapport à la courbe représentant la comparaison de la résistance du fil en présence ou en absence de SCF, nous avons voulu schématiser la présence ou l'absence d'un effet des SCF sur la résistance du fil.

Pour ce qui est de l'importance quantitative de cet effet (quand il existe, zone B), aussi bien que de la valeur de résistance à partir de laquelle il se manifeste, il semble fort probable qu'elle ne peut pas être ramenée à une valeur constante pour tous les cotons concernés. En effet, nous pensons que divers facteurs relevant de la quantité de SCF, de leurs caractéristiques ainsi que de la singularité de chaque coton peuvent intervenir pour déterminer quantitativement cet effet.

### VI.1.5.3 Validation de l'hypothèse

Dans le but d'expliquer le rôle joué par les SCF, en interaction avec tous les facteurs ayant une influence sur la résistance du fil (cf. § VI.1.1), nous avons émis l'hypothèse décrite ci-dessus : l'effet des SCF sur la résistance dépend de la présence ou non d'autres points faibles de la structure du fil pouvant avoir une résistance inférieure à celle du point provoqué par le SCF. Cet effet dépend donc de la qualité générale de la structure du filé, elle-même en grande partie dépendante des caractéristiques des fibres.

Pour appuyer cette hypothèse, nous avons procédé à des vérifications selon deux approches différentes.

En premier lieu, nous avons réalisé des essais dynamométriques, en mode manuel<sup>1</sup>, sur des fils RS 20 tex issus de la micro-filature décrite au *Chapitre V*. Pour ces analyses, nous avons sélectionné deux cotons représentant des caractéristiques technologiques différentes (ténacité HVI, finesse, longueur..., cf. *Tableau VI-11*). Des segments de fil contenant ou pas des SCF au centre ont été testés sur le dynamomètre au cours de cette expérimentation. Cent casses ont été effectuées sur chaque lot d'éprouvettes de fil (au total, 200 casses par coton).

Des précautions ont été prises afin de préserver la torsion du fil lors de la manipulation par l'opérateur. Cette analyse a été réalisée dans le but de vérifier si les deux cotons ayant des propriétés fibres différentes réagissent de la même manière que ceux testés par soustraction des SCF. Pour éviter toute confusion avec ces derniers, nous avons noté « a » et « b » les deux cotons de la présente analyse.

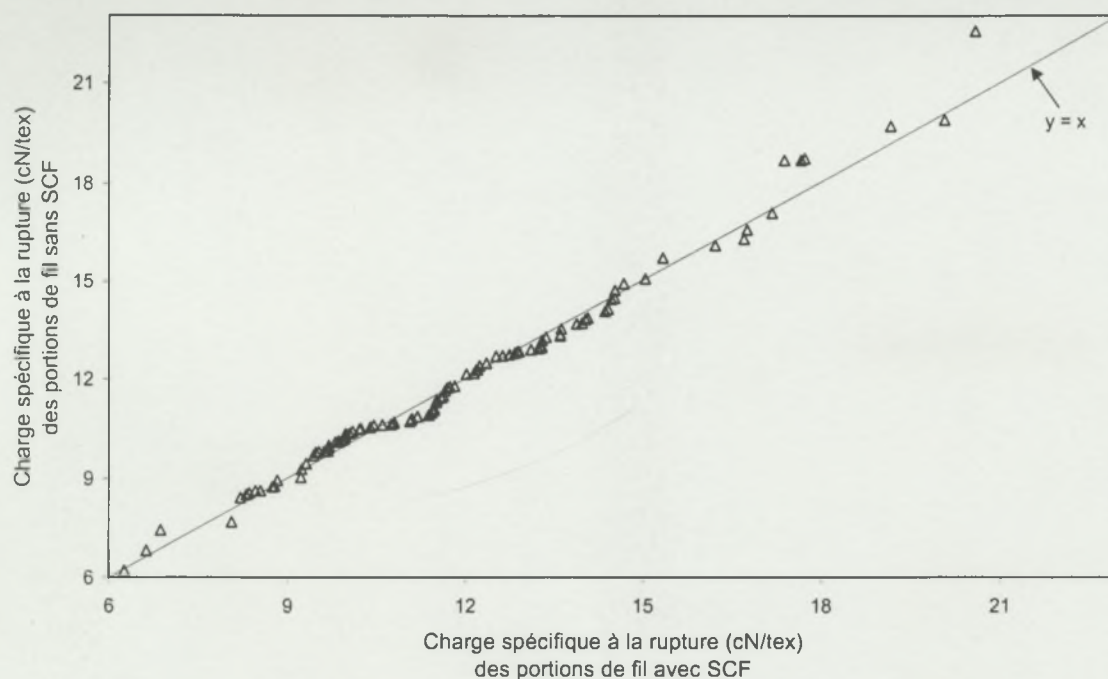
**Tableau VI-11 : Données technologiques des deux échantillons testés sur dynamomètre en mode manuel.**

Échantillon	ML (mm)	UHML (mm)	UNIF (%)	Ténacité (g/tex)	H (mtex)	HS (mtex)	MR	IM
A	22,7	28,5	79,6	29,9	173	216	0,80	3,8
B	27,1	31,8	85,1	34,1	143	162	0,88	3,5

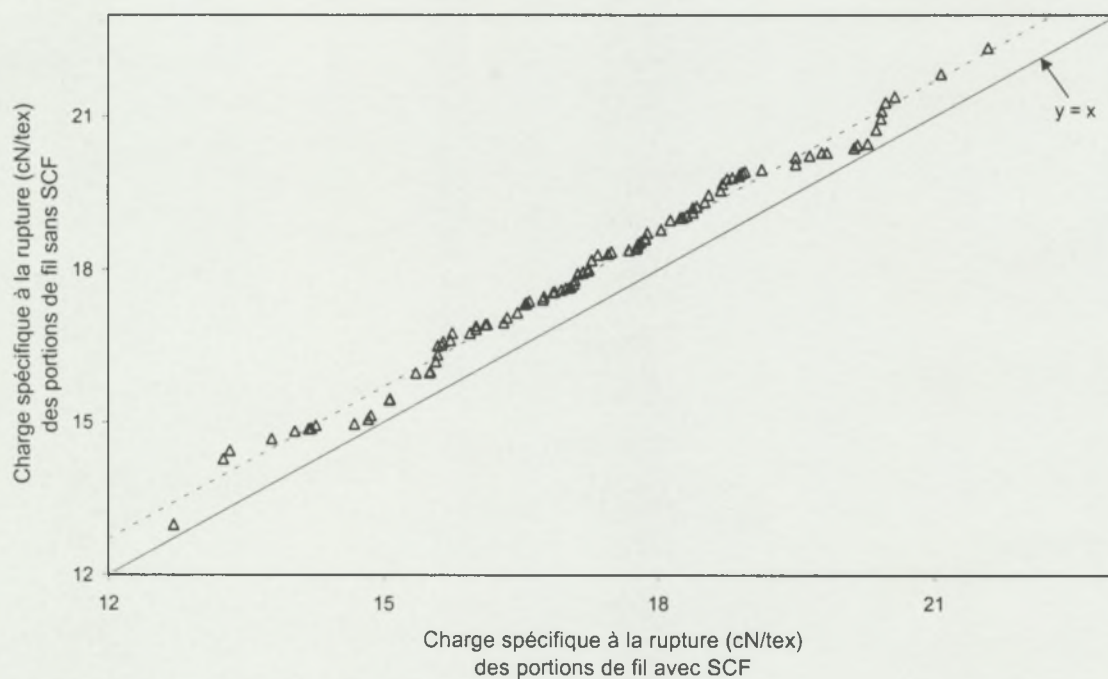
D'après les propriétés technologiques rapportées au *Tableau VI-11* et l'hypothèse que nous avons formulée à l'issue de l'expérimentation par soustraction, les SCF n'auraient aucun effet sur la résistance du fil issu du coton « a ». En revanche, la résistance du fil du coton « b », ayant des fibres de meilleure qualité que le premier, devrait être sensible à la présence des SCF. Pour le vérifier, nous avons représenté les courbes Quantile-Quantile de la résistance des segments de fil avec ou sans SCF pour chacun des échantillons « a » et « b », sur les *Figures VI-19 et VI-20*, respectivement.

<sup>1</sup> Le dynamomètre « Tensorapid® » de Zellweger permet une analyse sur des portions de fil sélectionnés par l'opérateur.





**Figure VI-19 : Charge spécifique à la rupture de segments de fil du coton « a » contenant ou pas des SCF au centre ; courbe Quantile-Quantile empirique.**



**Figure VI-20 : Charge spécifique à la rupture de segments de fil du coton « b » contenant ou pas des SCF au centre ; courbe Quantile-Quantile empirique.**

Comme le montrent la Figure VI-19, les points de la courbe Quantile-Quantile empirique, du coton noté « a » sont au voisinage de la droite  $y = x$ . Les SCF ne semblent

pas avoir d'effet sur la résistance du fil issu de cet échantillon, qui ferait donc partie de la gamme de cotons constituant la zone A décrite dans la *Figure VI-18*. En revanche, dans le cas de l'échantillon « b », nous pouvons observer un décalage de la distribution de la charge spécifique à la rupture du fil, dû à la présence de SCF dans les segments testés. Cet échantillon a donc un comportement qui correspond à celui de la gamme de cotons de « bonne » qualité fibre de la zone B (*Figure VI-18*).

Nous sommes donc parvenus, par des tests dynamométriques en mode manuel, à retrouver sur des échantillons indépendants de ceux ayant servi à la soustraction des SCF, les deux types de comportements spécifiques à des gammes différentes de qualité fibre vis à vis des SCF. Ces résultats sont donc en accord avec l'hypothèse émise au § VI.1.5.2.

Pour la seconde approche de validation de notre hypothèse, nous avons analysé les données de 105 essais de filature RS 20 tex réalisés au Laboratoire de Technologie Cotonnière au cours des trois dernières campagnes. Pour ces essais, nous disposons de toutes les données nécessaires : caractéristiques des fibres, caractéristiques des fils et analyses SCF par Trashcam. Toutes ces informations sont issues du logiciel de base de données SISTER (Gourlot *et al.*, 1995b).

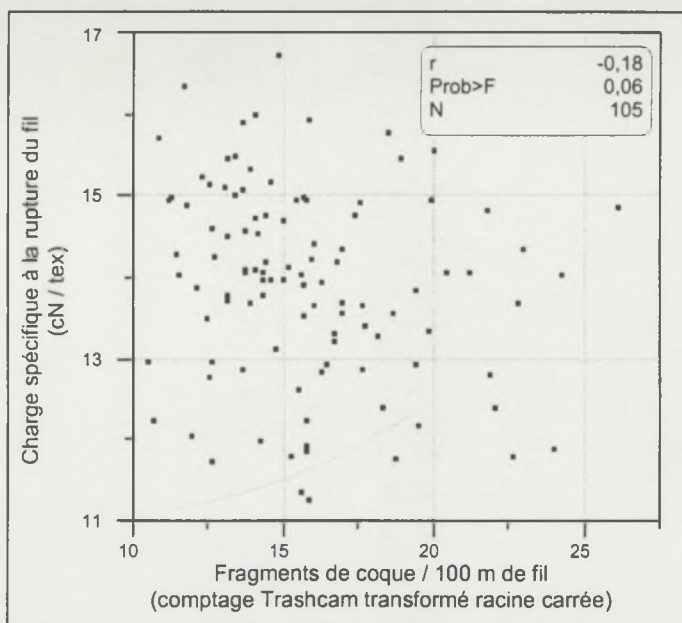
Nous avons rapporté dans le *Tableau VI-12* les valeurs minimales et maximales des caractéristiques des cotons étudiés, illustrant l'étendue de la gamme pour chaque paramètre.

**Tableau VI-12 : Valeurs minimales et maximales des caractéristiques de fibres des cotons analysés.**

	Paramètre	Minimum	Maximum
Fibres	Ténacité HVI (g / tex)	24,4	34,1
	H (mtex)	135	204
	HS (mtex)	154	245
	ML (mm)	21,5	27,5
	UHML (mm)	25,9	32,2
	UI (%)	81,5	85,9
	MR	0,73	0,97
	IM	3,18	4,71
Fil	Ténacité (cN/tex)	10,81	16,26
	SCF Trashcam (SCF/km)	1100	6840
	Neps totaux UT3/km	276	2423
	Points gros UT3/km	484	2071
	Points minces UT3/km	67	933

La *Figure VI-21* illustre la relation entre la résistance des fils en fonction du contenu en débris de coque des 105 cotons (Trashcam sur plaquette de fil).





**Figure VI-21 : Relation entre la résistance du fil (RS 20 tex) et la quantité de SCF détectée par Trashcam (gamme des 105 cotons).**

En considérant l'ensemble des données disponibles (105 cotons), la relation entre la charge spécifique à la rupture du fil et la quantité de SCF détectés par Trashcam est non significative (Figure VI-21).

Comme précédemment mentionné, nous avons émis l'hypothèse selon laquelle l'effet des SCF sur la résistance du fil est d'autant plus important que la qualité des fibres est meilleure. Dès lors, nous pourrions vérifier cette hypothèse en établissant une classification, au sein de la gamme globale selon les caractéristiques des fibres de chaque coton.

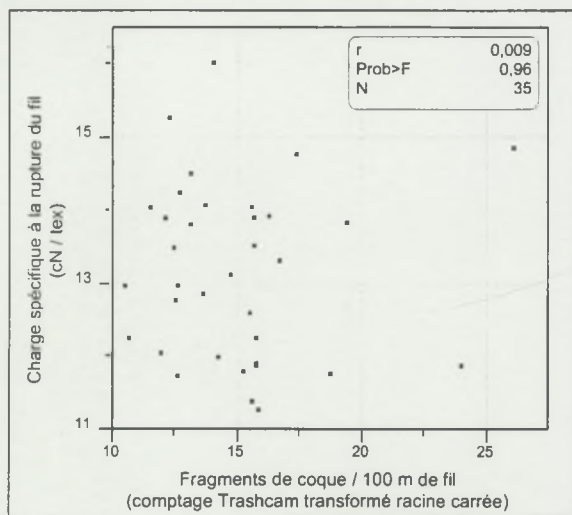
Selon notre hypothèse, la relation entre les SCF et la résistance du fil serait différente selon la constitution des groupes de qualité fibre homogène établis à l'issue de la classification.

Il convient de rappeler qu'il s'agit ici d'apporter une vérification supplémentaire de l'hypothèse émise à l'issue des expérimentations par soustraction. D'autre part, aucune sélection n'a été réalisée sur la base des paramètres impliqués dans la régression étudiée (résistance du fil et contenu en SCF). Seules les propriétés technologiques des fibres ont servi de critère pour isoler les groupes d'échantillons dans la gamme de départ.

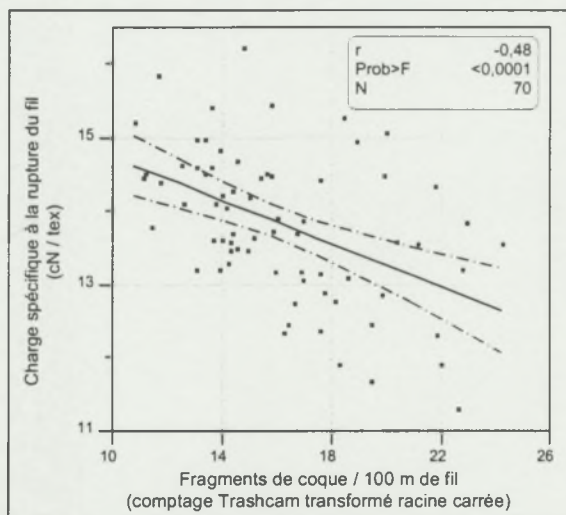
Dans les 105 cotons, nous avons réussi à isoler deux nuages de points représentant deux gammes différentes de propriétés des fibres :

- Le premier nuage (Figure VI-22) a été constitué en sélectionnant les cotons ayant une valeur d'un ou plusieurs paramètres de qualité inférieure à la valeur correspondant approximativement au quantile 10% de la distribution du paramètre en question. Les seuils appliqués sont : ténacité HVI < 27,2 g/tex (~ 27,2 cN/tex) ; H > 192 mtex ; HS > 219 mtex ; ML < 22,8 mm, UHML < 27,1 mm, UI < 82,2 %. Trente cinq cotons de la gamme ont répondu à ces critères.

- Le second nuage correspond aux échantillons pour lesquels les caractéristiques technologiques des fibres sont au dessus des seuils fixés. La *Figure VI-23* montre la relation qui existe entre la quantité de SCF et la charge spécifique à la rupture du fil pour ces cotons possédant de « bonnes caractéristiques fibre » (les 70 cotons restants).



**Figure VI-22: Relation entre la résistance du fil (RS 20 tex) et la quantité de SCF détectée par Trashcam (gamme des 35 cotons de « basse qualité »).**



**Figure VI-23: Relation entre la résistance du fil (RS 20 tex) et la quantité de SCF détectée par Trashcam (gamme des 70 cotons de « bonne qualité »).**

La première sélection fournit une gamme de 35 cotons pour lesquels aucune tendance n'apparaît dans la relation entre la résistance du fil et la quantité de SCF (coefficient de corrélation non significatif, *Figure VI-22*). Pour cette gamme d'échantillons, les SCF ne semblent donc pas avoir d'effet sur la résistance du fil. Dans le cas du second groupe d'échantillons, nous observons une tendance négative très hautement significative qui traduit l'existence d'un effet des débris de coque sur la résistance des filés (*Figure VI-23*).

En considérant la totalité des 105 échantillons, la relation observée entre la quantité de SCF déterminée par Trashcam et la ténacité du fil est non significative. En isolant deux gammes différentes, sélectionnées selon les propriétés technologiques des fibres, nous pouvons observer des tendances différentes. En effet, pour les cotons ayant des caractéristiques médiocres au niveau de la qualité des fibres, les SCF ne semblent pas être reliés à la résistance du fil. En revanche, pour la gamme de cotons ayant des fibres de meilleure qualité (ténacité, finesse, longueur et uniformité), la relation entre les SCF et la ténacité du fil est très hautement significative.

Ces résultats corroborent l'hypothèse selon laquelle la résistance des filés, produits à partir de fibres de meilleure qualité, est plus sensible à la présence de débris de coque. Ils montrent d'autre part, l'importance du choix de la gamme d'échantillons pour des études expérimentales dans lesquelles il existe des interactions entre plusieurs facteurs.



### VI.1.6 Cas du fil OE

Comme précédemment mentionné, le cas du fil OE n'a été expérimenté par soustraction des SCF que sur les trois premiers cotons de la gamme du *Tableau VI-1*. Dans la suite de ce paragraphe, nous allons aborder la discussion des résultats de ces trois échantillons de manière analogue à celle du cas du fil RS.

#### VI.1.6.1 Régularité du fil OE 20 tex

Dans le cas du fil OE, aucune différence significative n'a été constatée pour les valeurs de régularité (CV%) après soustraction des SCF. Le nombre de défauts courts (neps), aux différents seuils de détection utilisés, a diminué significativement (*Figure VI-24*, *Figure VI-25* et *Figure VI-26*). En revanche, pour les défauts longs (points gros et points minces)<sup>1</sup>, aucune variation significative n'a été constatée. Il apparaît donc que dans le cas du fil OE, les SCF n'ont une contribution significative que dans les défauts courts ; les neps +280% étant les plus influencés (*Tableau VI-13*).

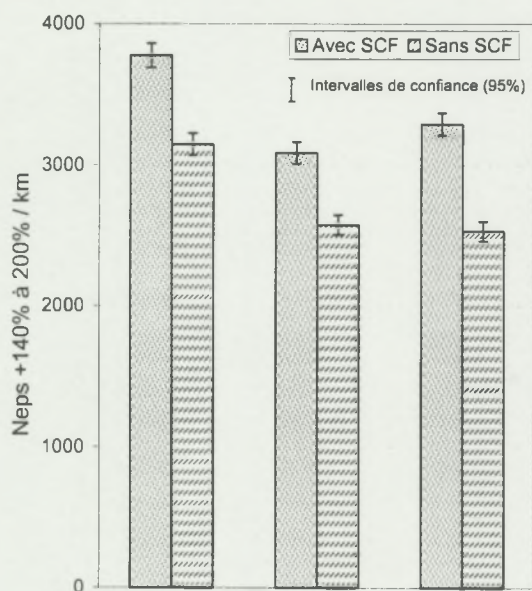


Figure VI-24 : Nombre de neps « +140% à +200% » en présence et en absence de SCF (fil OE 20 tex).

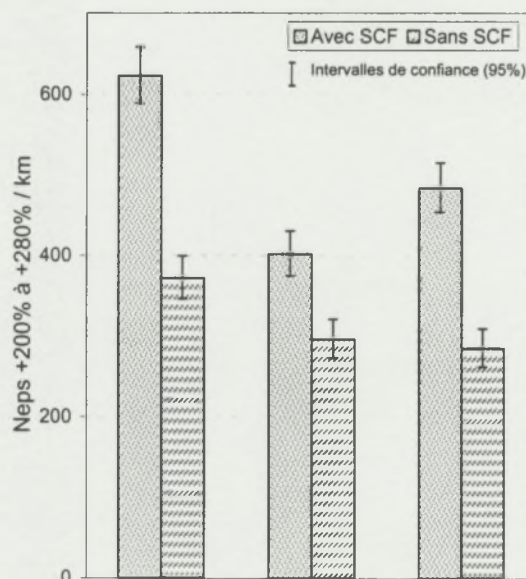


Figure VI-25 : Nombre de neps « +200% à +280% » en présence et en absence de SCF (fil OE 20 tex).

<sup>1</sup> Seuls les résultats des comptages des points gros dans le fil contenant ou pas des SCF sont représentés, *Figure VI-27*.

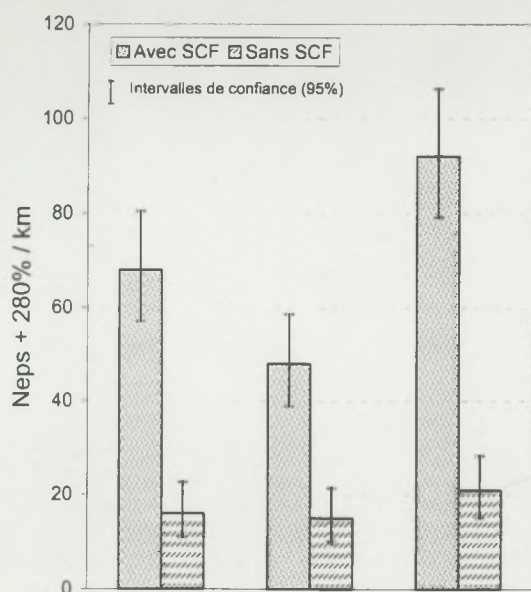


Figure VI-26 : Nombre de neps « +280% » en présence et en absence de SCF (fil OE 20 tex).

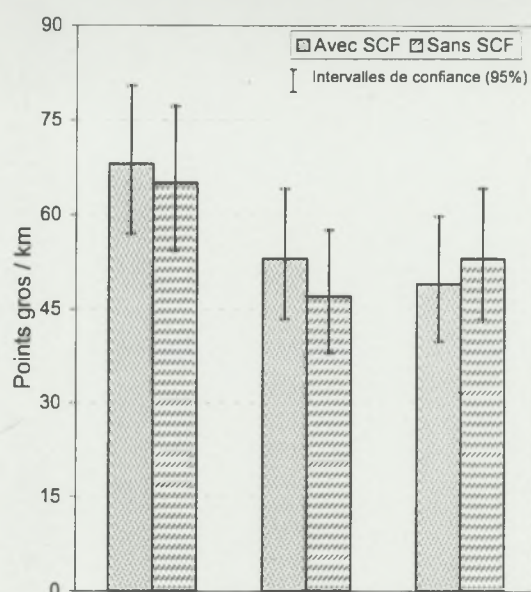


Figure VI-27 : Nombre de points gros en présence et en absence de SCF (fil OE 20 tex).

Tableau VI-13 : Différence relative (%) de comptage UT3 pour les différents types de neps causée par la suppression des débris de coque (fil OE 20 tex).

Coton	+140% à +200%	+200% à +280%	+280%
1	20,84	43,85	76,47
2	18,40	30,89	68,75
3	26,65	46,88	77,17



### VI.1.6.2 Résistance du fil OE 20 tex

Les Figures VI-28 à VI-30 représentent les courbes Quantiles-Quantiles des distributions de la charge spécifique à la rupture des fils OE 20 tex, filés respectivement à partir des échantillons 3, 2 et 1 de la gamme du Tableau VI-1. Les figures sont présentées dans le même ordre que pour le fil RS (cf. § VI.1.5.1).

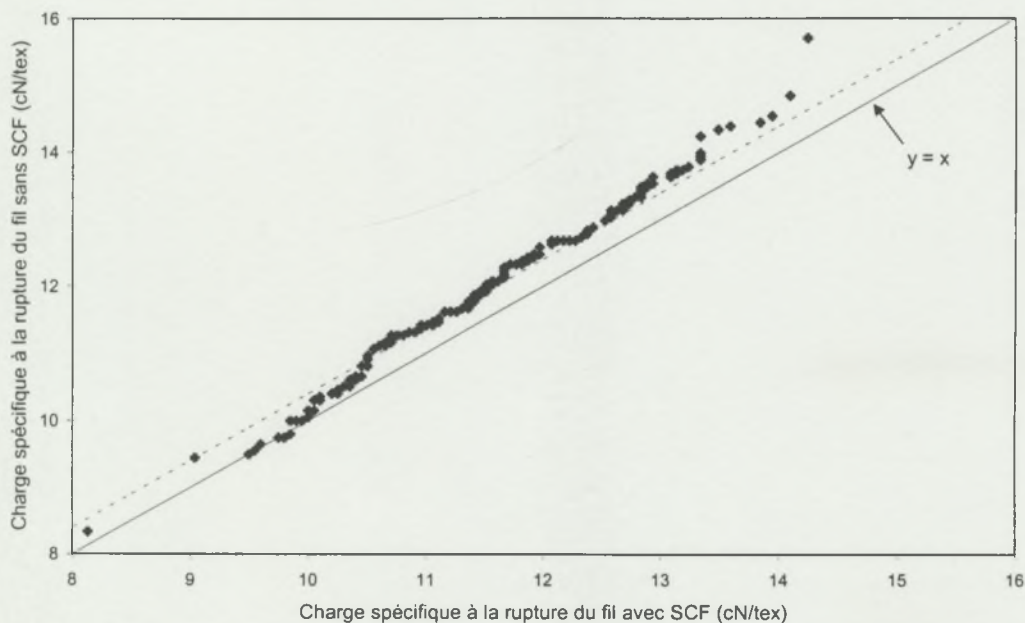


Figure VI-28 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 3 avant et après soustraction de SCF (fil OE 20 tex).

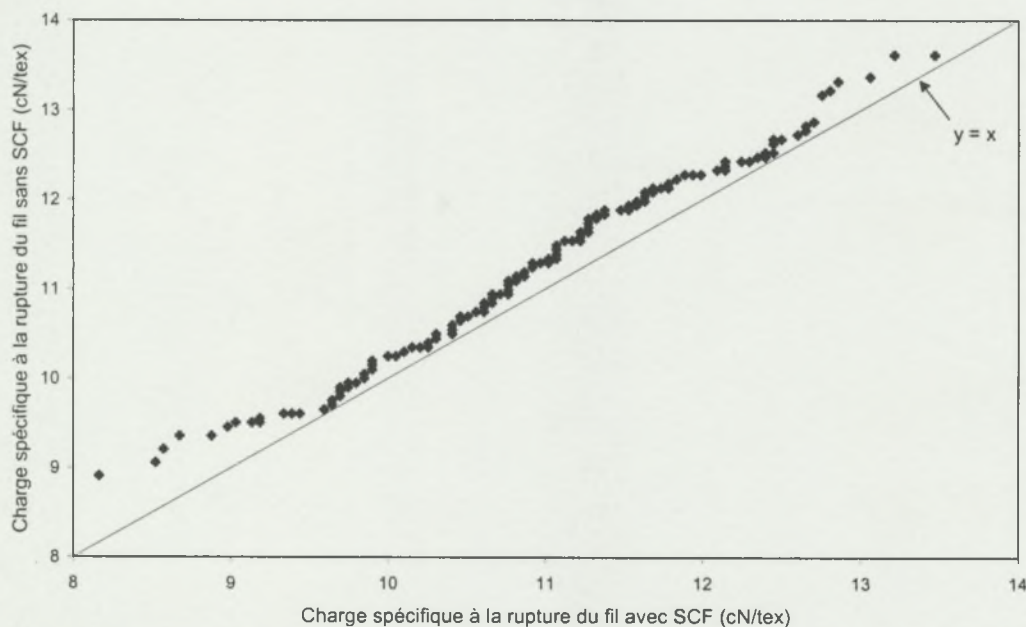
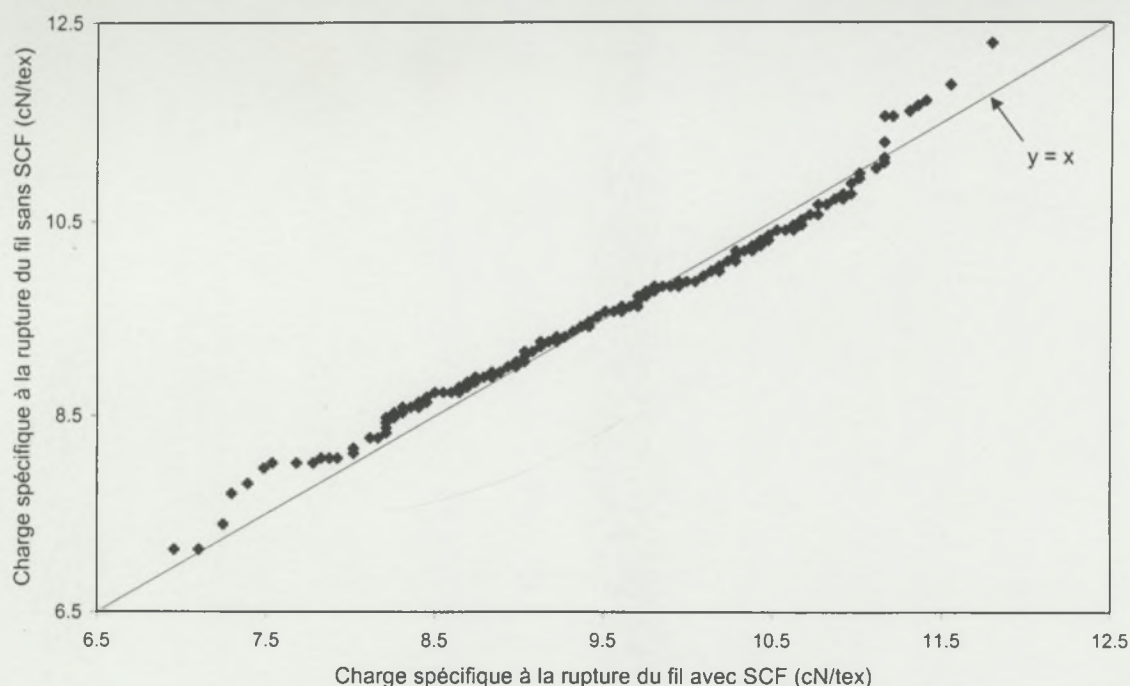


Figure VI-29 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 2 avant et après soustraction de SCF (fil OE 20 tex).



**Figure VI-30 : Courbe Quantile-Quantile empirique pour les données de l'échantillon 1 avant et après soustraction de SCF (fil OE 20 tex).**

Comme nous pouvons le constater sur la *Figure VI-28*, la soustraction des SCF dans le cas du fil OE du coton 3 a provoqué un décalage de la distribution de la charge spécifique à la rupture, analogue à celui observé pour le fil RS (*cf. Figure VI-12*). Néanmoins, ce décalage est moins important et l'ajustement des points empiriques autour de la parallèle à la droite  $y = x$  est moins net que dans le cas du fil RS. Les mêmes constatations peuvent être formulées pour l'échantillon noté 2 (*Figure VI-29*). En revanche, pour l'échantillon 1 (*Figure VI-30*), le décalage observé dans le cas du fil RS pour les grandes valeurs de ténacité n'est plus présent pour le fil OE ; aucun effet des SCF sur la résistance du fil n'est constaté pour cet échantillon.

Il semblerait donc que l'effet des SCF sur la résistance du fil soit atténué dans le cas du fil OE. Ceci pourrait être expliqué par différentes hypothèses :

- L'élimination d'une partie des SCF par le briseur OE pourrait contribuer à réduire l'effet de ces impuretés sur la résistance du fil.
- La fragmentation des SCF en filature OE pourrait limiter la création de perturbations de structure suffisamment importantes pour affecter la résistance du fil.
- Un fil OE est moins résistant qu'un fil RS du même titre et issu des mêmes fibres. La résistance au point créé par le SCF aura donc plus de chances de demeurer supérieure ou égale à celle du point le plus faible dans le cas du fil OE.



### VI.1.7 Conclusion

Le retrait manuel des SCF nous a permis de filer, dans les mêmes conditions, des échantillons de fibres ayant des caractéristiques technologiques identiques et des contenus en SCF significativement différents. Les variations observées dans la qualité du fil produit de deux échantillons d'un même coton avec ou sans soustraction de SCF sont essentiellement dues à la présence de ces impuretés.

Cette expérimentation a été conduite avec comme objectif principal l'étude de l'effet des SCF sur la qualité et notamment sur la résistance du fil RS. Néanmoins, des essais ont également été réalisés sur une partie des échantillons dans le but d'apporter des indications concernant le fil OE.

Les résultats de cette étude ont montré que les SCF contribuent, à différents niveaux, à la création de tous les types de défauts détectés par le régularimètre UT3 dans le fil RS 20 tex. En effet, la soustraction des SCF s'est soldée dans le cas de ce type de fil, par une diminution de tous les types de défauts, traduisant une amélioration générale de la régularité du fil. La contribution des SCF dans les différents types d'imperfections du fil varie d'un coton à l'autre. En effet, il est apparu à l'issue de notre étude, que les SCF prennent d'autant plus d'importance relative, dans la création des défauts, que les fibres sont longues et fines.

D'autre part, toujours dans le cas du fil RS, les résultats obtenus à l'issue des expérimentations par soustraction ont montré un effet significatif de la présence des SCF sur la résistance du fil. Cependant, cet effet varie avec la qualité de la fibre des cotons testés. En effet, l'influence des SCF sur la résistance du fil apparaît plus importante pour des cotons ayant des paramètres de qualité fibre propices à la production d'un fil exempt de points faibles.

Une hypothèse d'explication de cette interaction entre les SCF et les propriétés technologiques des fibres a été proposée : l'influence des SCF sur la résistance dépend de la présence ou non d'autres points faibles de la structure du fil pouvant avoir une résistance inférieure à celle du point provoqué par le SCF. Cet effet dépend donc de la qualité générale de la structure du filé, elle-même en grande partie dépendante des caractéristiques des fibres (Krifa *et al.*, cf. Annexe 5).

Cette hypothèse a été validée selon deux approches différentes qui ont corroboré les résultats des expérimentations par soustraction.

Comme mentionné ci-dessus, le cas du fil OE 20 tex a également été abordé au cours de cette étude. Il est apparu que pour ce type de fil, les SCF ont plus tendance à provoquer des défauts courts (neps) que des défauts longs (points gros). Aucune variation significative, due à la soustraction des SCF, n'a en effet été constatée pour la deuxième catégorie d'imperfections.

D'autre part, il existe également un effet significatif des SCF sur la résistance du fil OE 20 tex, avec une différence de comportement des cotons, selon leurs caractéristiques technologiques, analogue à celle constatée pour le fil RS. Toutefois, l'effet des SCF sur la

résistance du fil semble être atténué dans le cas du fil OE. Ceci est probablement dû à l'action du briseur et au fait que la résistance d'un fil OE est inférieure à celle d'un fil RS du même titre et filé à partir des mêmes fibres. Selon l'hypothèse vérifiée pour le fil RS, la résistance au point créé par le SCF aura donc plus de chances de demeurer supérieure ou égale à celle du point le plus faible dans le cas du fil OE.

La soustraction n'étant pas sélective, les caractéristiques intrinsèques des SCF (taille et quantité de fibres attachées) n'ont pas été introduites dans l'interprétation de la différence de comportement entre les différents cotons étudiés. D'autre part aucune relation significative n'a été constatée entre la taille des SCF et l'effet constaté après leur soustraction sur la qualité du fil. Dans la seconde partie de ce chapitre (§ VI.2), nous allons tenter de déterminer l'importance de ces caractéristiques et d'examiner la manière dont elles influencent l'effet du SCF sur la structure du fil.



## VI.2 ENSEMENCEMENT DES SCF DANS DU RUBAN PEIGNE

### VI.2.1 Introduction

Les expérimentations par soustraction des SCF ont permis de mettre en évidence l'effet des SCF et leur interaction avec les propriétés technologiques des fibres, tant au niveau de la régularité du fil qu'au niveau de sa résistance. Néanmoins, comme nous l'avons signalé au paragraphe précédent, il n'a pas été possible, par l'approche de la soustraction, de tenir compte des caractéristiques intrinsèques des SCF (taille, fibres attachées) dans la détermination de leurs effets sur le déroulement de la filature et sur la qualité du fil.

En effet, étant donné la difficulté de réaliser une soustraction sélective des SCF en fonction de leurs caractéristiques, toutes ces impuretés ont été retirées de la fibre. Les résultats obtenus dans la première partie de ce chapitre n'ont donc pas permis de déterminer si les effets constatés sur la qualité du fil peuvent être affectés à tous les SCF quelque soit leur taille et quelque soit la quantité de fibres qu'ils portent, ou s'il existe une relation entre les caractéristiques d'un SCF donné et l'importance de la perturbation qu'il occasionne dans le fil comme l'ont laissé apparaître les résultats du *Chapitre V* (cf. § V.7.3).

Des expérimentations d'addition, dans un coton indemne à l'origine, de SCF classés au préalable selon leur taille et la quantité de fibres qu'il portent, ont donc été conduites afin de tenir compte de ces caractéristiques.

D'autre part, la mesure de la tension du fil en cours de formation et l'examen de l'éventuelle variation provoquée par le passage d'un SCF ont également été envisagés afin de déterminer la perturbation causée par ces impuretés pendant le processus de filage.

### VI.2.2 Matériel et méthodes

Des SCF ont été prélevés dans des voiles de carde et classés selon deux critères : la taille et la quantité de fibres attachées. Quatre classes extrêmes ont été définies : les petits SCF sans fibres ou avec fibres courtes (*PFC*), les petits SCF avec fibres longues (*PFL*), les gros SCF sans fibres ou avec des fibres courtes (*GFC*) et les gros SCF avec fibres longues (*GFL*). En raison du nombre de SCF à prélever et de l'écart de taille et de quantité de fibres attachées entre les différents groupes, la classification a été réalisée visuellement. Chacune des quatre classes de SCF a été pesée (masse totale) et analysée sur Trashcam pour un comptage et une mesure de la taille. Des exemples des différents types de SCF retenus pour l'expérimentation sont représentés sur la *Figure VI-31*.

Les SCF ont été prélevés dans des voiles de carde étant donné qu'aucune opération de nettoyage n'a lieu après la carde en filature classique cardée, comme nous l'avons montré (cf. *Chapitre V*). Par conséquent, la gamme de SCF retenus pour l'ensemencement est représentative de celle qui se retrouve normalement dans le fil.

Du ruban de coton peigné a été récupéré dans une filature industrielle. Sachant que la peigneuse élimine la majorité des SCF présents dans la fibre (Frey et Schneider, 1989; Matusiak *et al.*, 2000), cet échantillonnage garantit une faible teneur en SCF dans la matière. Le *Tableau VI-14* rapporte les comptages des différentes impuretés par AFIS réalisés sur des échantillons du ruban peigné en question. Comme le montre les résultats et même en considérant toutes les classes d'impuretés (SCN, *Dust*, et *Trash*), la teneur en matières étrangères du ruban est très faible par rapport à ce que nous rencontrons habituellement en cycle cardé.

**Tableau VI-14 : Comptages AFIS des impuretés dans le ruban de coton peigné.**

Répétition	Neps / g	SCN / g	« Dust » / g	« Trash » / g	VFM% <sup>1</sup>
1	20	4	21	5	0,05
2	22	2	33	2	0,03
3	20	0	20	0	0,01
Moyenne	21	2	25	2	0,03
Écart-type	1,15	2	7,23	2,52	0,02

Les premiers essais ont montré la difficulté de réaliser l'ensemencement d'un nombre important de SCF directement sur le continu à filer. En effet, les SCF n'étant pas à l'intérieur du ruban, une grande partie d'entre eux est éjectée à la sortie du triangle de filage. De plus, au vu de la vitesse de sortie du continu à filer, on disposait d'un laps de temps limité pour récupérer les SCF et les introduire dans le ruban, sans que la distance séparant deux SCF consécutifs dans le fil ne soit trop importante pour les analyses régularimétriques et dynamométriques envisagées. Pour ces raisons, deux méthodes d'ensemencement ont été employées en fonction des mesures à réaliser sur le fil :

- Pour l'étude des propriétés régularimétriques et dynamométriques du fil, les SCF (préalablement prélevés et isolés) ont été incorporés dans le ruban avant le premier passage au banc d'étirage (*Figure VI-32*). De cette manière, nous nous sommes assurés qu'une majorité des SCF reste dans la matière à la sortie du triangle de filage. Les filés obtenus pour chaque classe de SCF ensemencés ont ensuite été analysés en régularimétrie et comparés à un fil témoin n'ayant pas subi d'addition de SCF. Des tests sur dynamomètre (gradient d'allongement constant) en mode manuel ont été réalisés sur les segments de fil après repérage des SCF ensemencés. Compte tenu de la longueur limitée des filés obtenus après ensemencement, nous n'avons pas réalisé d'analyse Trashcam sur plaquettes de fil.
- Pour la mesure de la variation de tension du fil en formation, les SCF ont été incorporés manuellement dans la matière à l'entrée du second train d'étirage du continu à filer. Un capteur<sup>2</sup> a été placé en sortie du triangle de filage pour la mesure de la tension dans le fil. Le signal de sortie a été visualisé sur oscilloscope et sauvegardé par un système d'acquisition numérique (*Figure VI-33*). Des essais ont également été réalisés sur des SCF prélevés dans les déchets de carde, ayant une taille beaucoup plus importante que ceux rencontrés normalement dans le voile (*Figure VI-31*).

<sup>1</sup> Visible Foreign Matter.

<sup>2</sup> Dispositif dit à embarras. Il comporte deux guide-fil et un palpeur sensible rentrant en contact avec le fil tendu. La déformation du palpeur produit un signal électrique représentatif de la tension du fil.



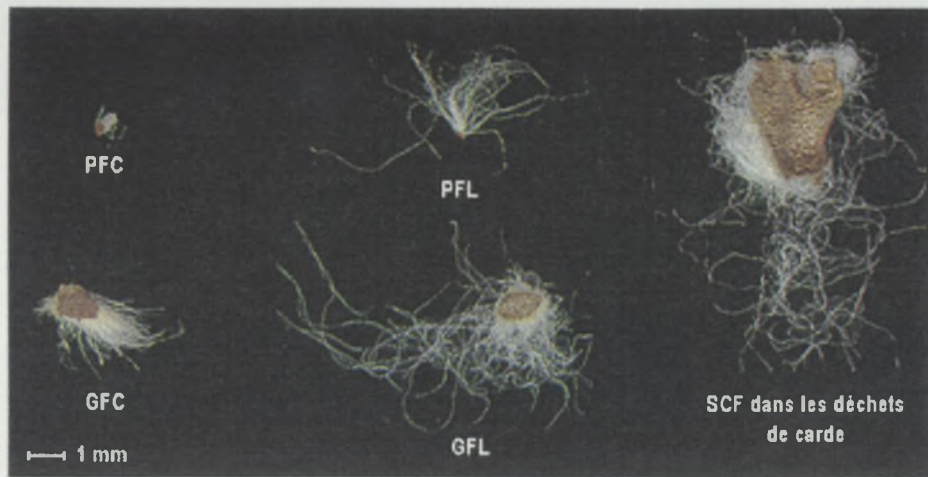


Figure VI-31 : SCF prélevés dans le voile et dans les déchets de carde.



Figure VI-32 : SCF incorporés dans le ruban de coton peigné.

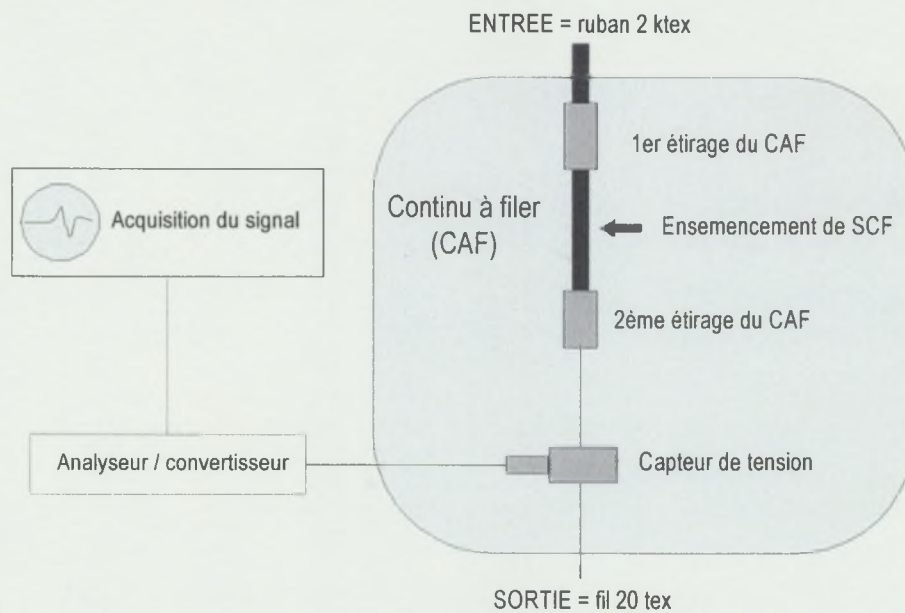


Figure VI-33 : Schéma de principe de la mesure de la tension du fil en cours de formation

### VI.2.3 Résultats et discussions

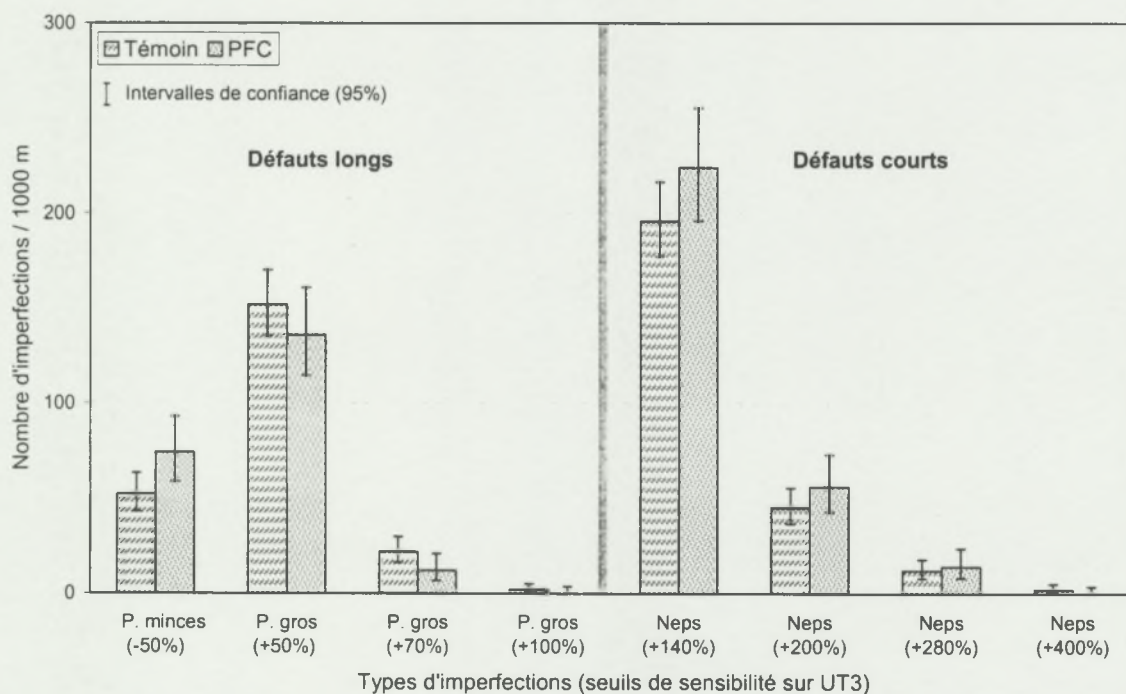
Le *Tableau VI-15* résume les principales caractéristiques de chacune des quatre classes de SCF prélevés dans le voile de carde et incorporés dans le ruban de coton peigné.

**Tableau VI-15 : Nombre, taille (Trashcam) et masse moyenne des SCF ensemencés dans le ruban de coton peigné.**

Classe	Nombre	Taille moyenne (mm <sup>2</sup> )	Masse moyenne (mg)
PFC	235	0,159	0,028
PFL	225	0,156	0,054
GFC	175	0,953	0,135
GFL	180	0,820	0,161

#### VI.2.3.1 Propriétés régularimétriques du fil

Les *Figures VI-34 à VI-37* représentent les comptages UT3 des défauts de régularité du fil, détectés à différents seuils de sensibilité, pour chacune des classes de SCF ensemencés (PFC, PFL, GFC et GFL respectivement) ainsi que pour l'échantillon témoin n'ayant pas subi d'addition de SCF.



**Figure VI-34 : Comptage des différents types de défauts de régularité dans le fil témoin et dans le fil ensemencé par les SCF « PFC ».**



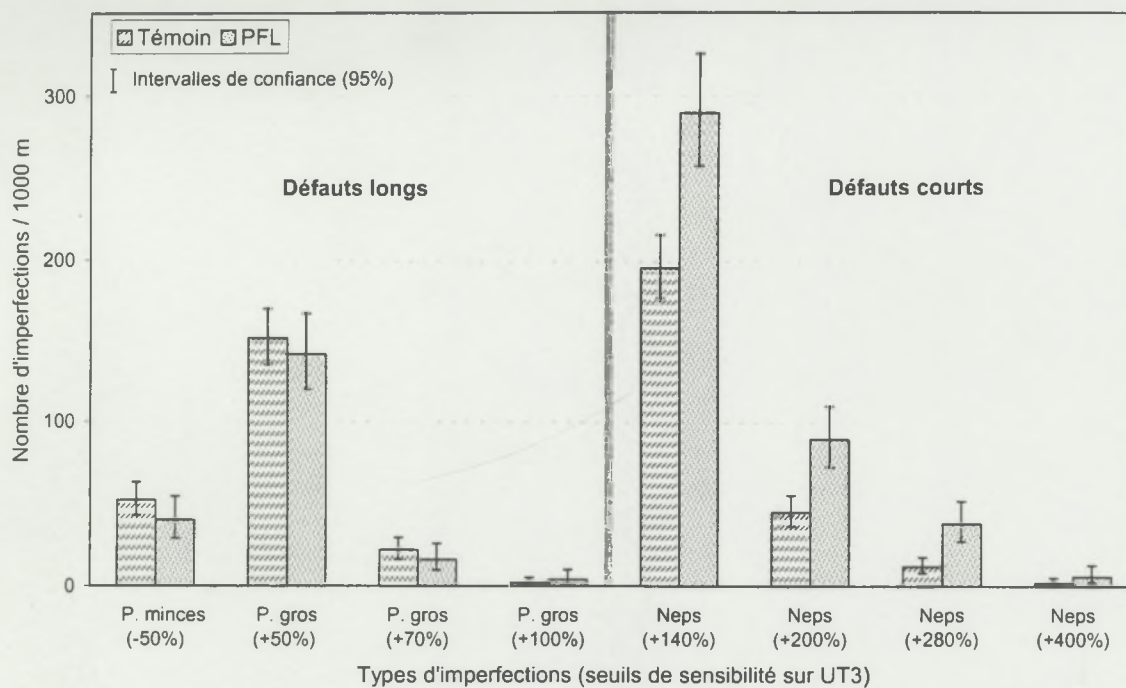


Figure VI-35: Comptage des différents types de défauts de régularité dans le fil témoin et dans le fil ensemencé par les SCF « PFL ».

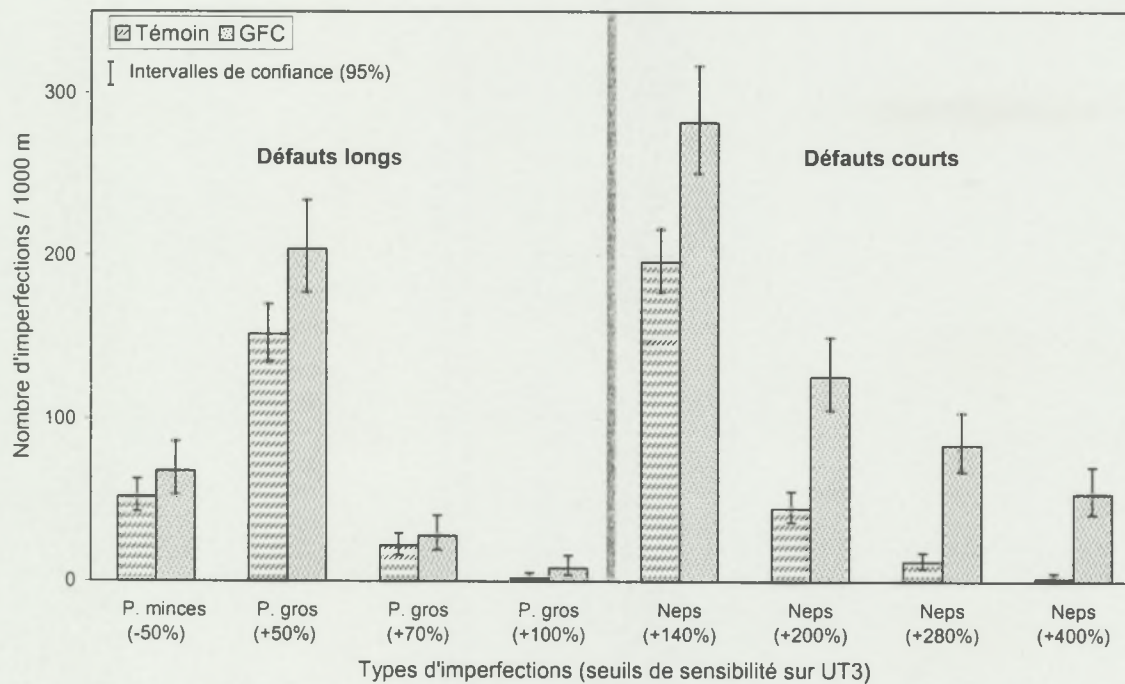
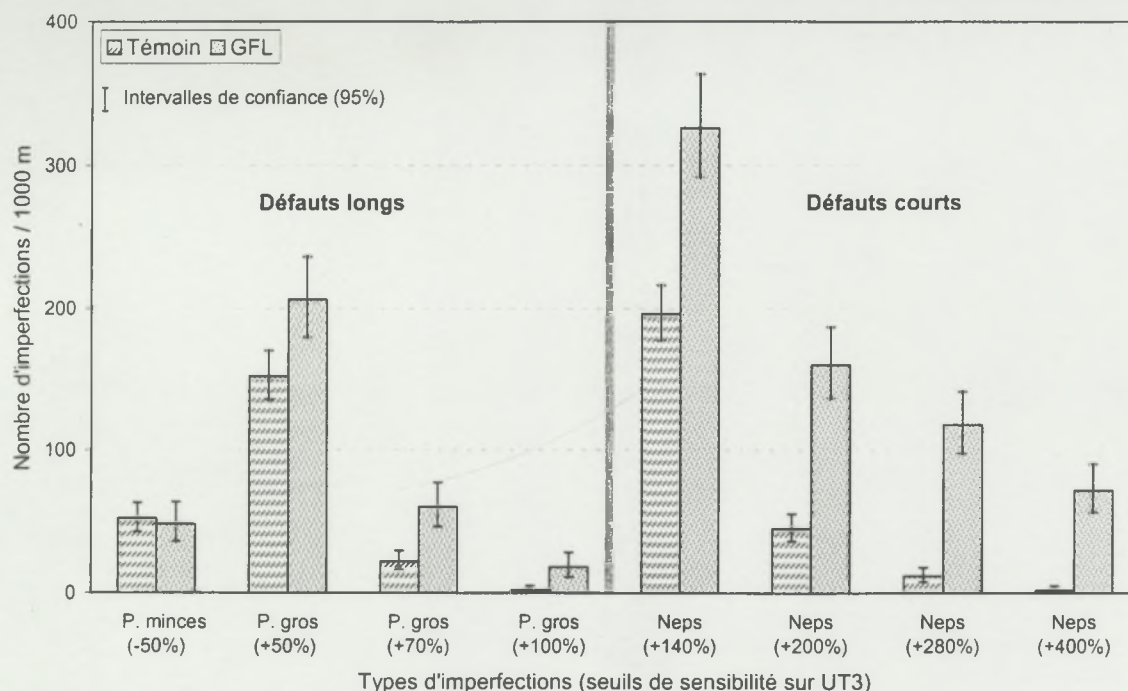


Figure VI-36 : Comptage des différents types de défauts de régularité dans le fil témoin et dans le fil ensemencé par les SCF « GFC ».



**Figure VI-37 : Comptage des différents types de défauts de régularité dans le fil témoin et dans le fil ensemencé par les SCF « GFL ».**

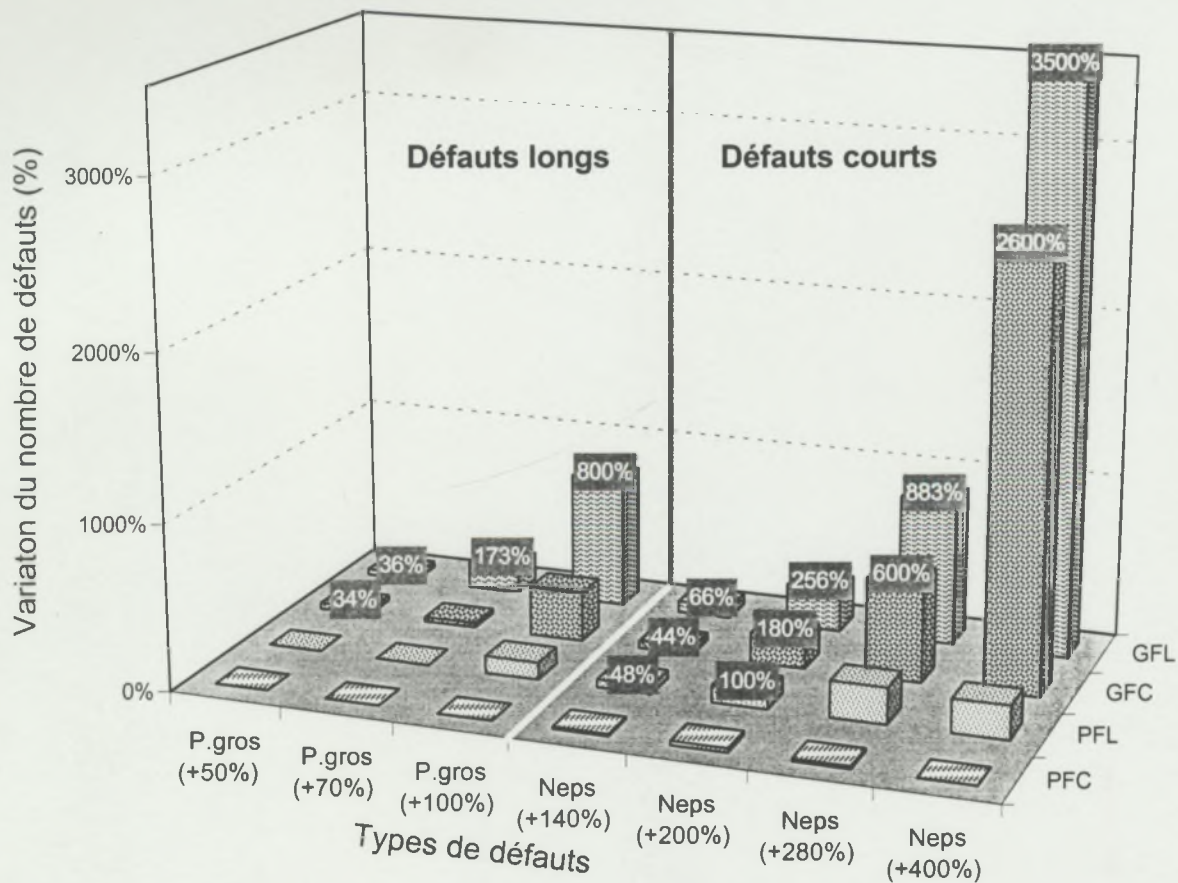
L'addition des SCF classés dans le groupe « PFC » n'a engendré aucune variation significative des comptages des défauts régularimétriques du fil (Figure VI-34). Avec l'addition des SCF « PFL » (Figure VI-35), le nombre de défauts longs (points gros) reste constant. En revanche, le nombre de neps détectés aux seuils de +140%, +200% et +280% augmente de manière significative.

Dans le cas des gros SCF portant des fibres courtes (classe GFC), nous assistons à une augmentation significative du nombre de points gros (au seuil +50%) et du nombre de neps aux seuils de sensibilité de +140%, +200%, +280% et +400%. Enfin, en ce qui concerne la dernière classe de SCF ensemencés dans le ruban de coton peigné (GFL), nous observons une augmentation significative des points gros (+50%, +70% et +100%) et des neps (+140%, +200%, +280% et +400%).

Nous avons représenté sur la Figure VI-38 les variations relatives (%) engendrées par l'addition de chacune des classes de SCF et calculées par rapport aux comptages des différents types de défauts régularimétriques du fil témoin.

Il est à noter que des pourcentages élevés sont atteints pour les imperfections présentes en nombre limité dans le fil témoin. Les étiquettes de données reportées sur le graphique indiquent les variations statistiquement significatives.





**Figure VI-38 : Variation relative par rapport au témoin des différents types d'imperfections régularimétriques du fil en fonction de la classe de SCFensemencés.**

Il existe une différence très nette entre le nombre de défauts engendrés par les petits SCF (PFC et PFL) et ceux provoqué par les gros SCF (GFC et GFL). Les deux dernières classes semblent, en effet, avoir plus d'impact sur les imperfections régularimétriques du fil et notamment sur celles détectées à des seuils de sensibilité élevés.

D'autre part, pour une classe de taille donnée, un SCF semble avoir un impact différent sur la structure du fil selon qu'il porte ou non des fibres attachées. En effet, en comparant les résultats obtenus pour les classes PFC et PFL, nous pouvons constater que les petits SCF portant des fibres contribuent significativement à la création de neps dans le fil (aux seuils de +140% et +200%), contrairement à ceux de taille similaire et ne portant pas de fibre.

De même qu'en comparant les classes GFC et GFL, nous observons une augmentation plus importante du nombre des différents types de défauts pour la seconde classe. En outre, cette augmentation semble toucher des imperfections de taille plus importante lorsque les SCF portent des fibres.

Il est également à noter que les défauts longs (points gros) n'ont été influencé que par les SCF de taille importante et principalement par ceux portant des fibres (GFL) bien que ces défauts ne représentent pas une variation importante de la section du fil (de +50% à +100%).

Il apparaît donc que pour que la perturbation s'étende sur une longueur de fil suffisante à sa détection en tant que défaut long, le SCF qui en est à l'origine doit porter des fibres.

Ces résultats corroborent les conclusions obtenues au 5<sup>ème</sup> chapitre de ce travail à l'issue de l'analyse détaillée des imperfections régularimétriques du fil.

Outre le rôle joué par la quantité de fibres attachées dans l'aptitude du coton à être débarrassé des SCF (cf. § V.5.2), cette caractéristique semble également intervenir dans l'importance de la perturbation occasionnée dans le fil et par conséquent dans le nombre de défauts qu'il comporte notamment en ce qui concerne les défauts longs (points gros). La taille du fragment de coque proprement dit demeure toutefois d'une importance prédominante dans le cas des défauts courts.

#### VI.2.3.2 Propriétés dynamométriques du fil

Étant donné la quantité de matière limitée (nombre limité de SCF ensemencés), le nombre de casses réalisées en mode manuel sur le dynamomètre a été de seulement 50 avec SCF et 50 sans SCF pour chacune des quatre classes (PFC, PFL, GFC et GFL). Compte tenu de la variabilité de la résistance au sein d'un échantillon de fil, ce nombre d'observations est insuffisant pour permettre la mise en évidence de différences significatives entre les moyennes de charge spécifique à la rupture obtenues en présence ou en absence de SCF.

Cependant, il est intéressant d'examiner dans le cas présent, la fréquence de casses des éprouvettes de fil observées au voisinage immédiat des SCF au cours des essais dynamométriques de chacune des quatre classes ensemencées (*Figure VI-1*). En d'autres termes, nous avons relevé la proportion de tests de traction au cours desquels le SCF a provoqué le point de moindre résistance et a entraîné la rupture du fil. Pour les SCF de petite taille, le pourcentage de casses enregistrées au niveau du point d'insertion de l'impureté dans le fil est non significatif (4% pour les PFC et 0% pour les PFL). En revanche, pour les SCF de taille importante ce pourcentage est significatif. En outre, nous avons constaté plus de casses au niveau des SCF appartenant à la catégorie GFL (22%) que pour les GFC (10%).

Les SCF de taille importante et portant des fibres longues semblent donc avoir une forte probabilité d'être à l'origine du point de moindre résistance dans les éprouvettes testées au dynamomètre. De nouveau, c'est la masse du SCF qui apparaît comme facteur déterminant de la perturbation qu'il provoque dans la structure du fil. Le pourcentage de casses qui ont eu lieu au niveau des SCF semble d'ailleurs varier avec la masse moyenne de ces derniers (*Figure VI-39*).

Cependant, seule une partie de ces SCF (GFC et GFL) a provoqué la rupture du fil. Il apparaît donc que même si le SCF est de taille importante et qu'il porte des fibres longues, il n'est pas nécessairement à l'origine du point de moindre résistance provoquant la rupture du fil. La *Figure VI-40* montre quelques exemples, pris au microscope électronique à balayage, de ruptures ayant eu lieu au niveau du SCF. Nous avons constaté que dans le cas de telles



ruptures, les fibres constituant le corps du fil contournent le SCF. Ces observations confirment l'hypothèse avancée au précédent chapitre quant au rôle joué par la position du SCF par rapport à la structure du fil dans la détermination de l'importance de la perturbation qu'il y provoque.

En effet, le fait que les fibres contournent le SCF est de nature à réduire la cohésion entre elles et à faciliter par ce fait leur glissement les unes par rapport aux autres, provoquant la rupture du fil au niveau du SCF sous l'effet de la traction.

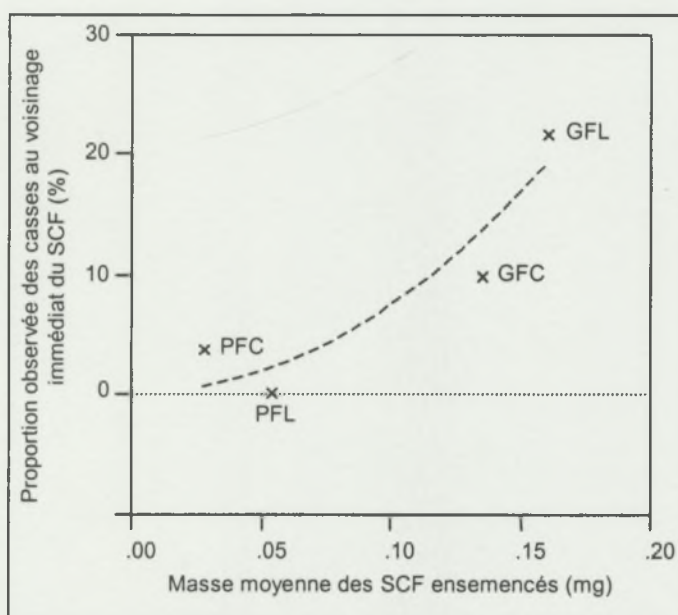


Figure VI-39 : Proportion de casses du fil au niveau du SCF en fonction de la masse moyenne de chacune des classes de SCF ensemençés.

Il convient ici de rappeler que ces résultats ont été obtenus pour des SCF inséminés expérimentalement dans la fibre considérée comme indemne au départ. Par conséquent, ils pourraient ne pas être représentatifs de la configuration réelle où le SCF est présent dans la matière dès les premiers stades de la transformation. En effet, on pourrait supposer qu'une particule rajoutée de la sorte ne soit pas insérée dans la matière de la même manière qu'une autre qui a parcouru toutes les étapes de transformation. Toutefois, ces résultats apportent des indications sur l'importance des caractéristiques intrinsèques des SCF dans la détermination de leurs effets sur la structure du fil.



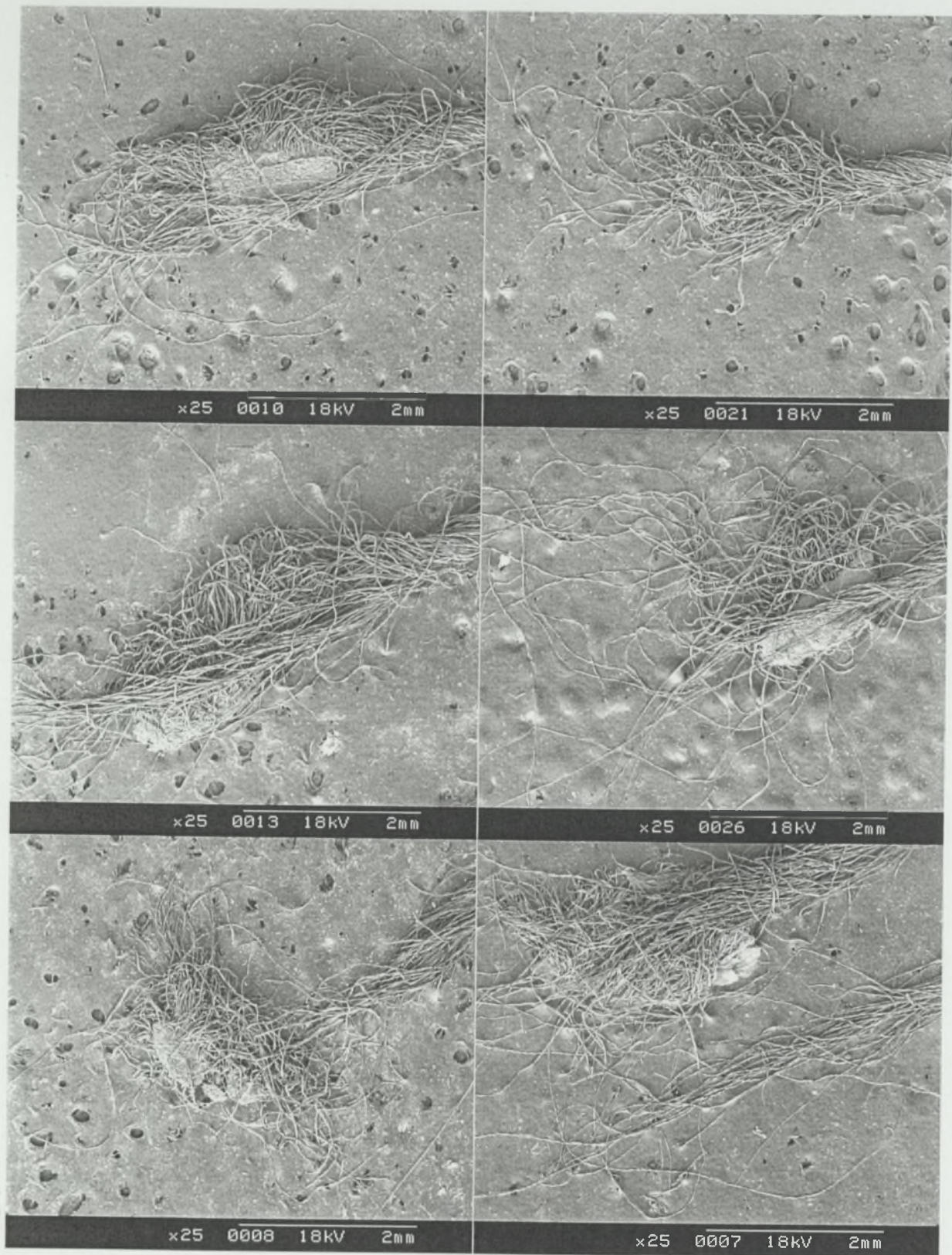


Figure VI-40 : Faciès de rupture du fil au point d'insertion des SCF (classe GFL et GFC).



### VI.2.3.3 Tension du fil en cours de formation

Après avoir examiné l'effet de chacune des quatre classes de SCF (PFC, PFL, GFC, GFL) sur les défauts de régularité et sur la résistance du fil, nous avons réalisé quelques essais d'ensemencement sur le continu à filer et tenté de détecter la perturbation provoquée par ces impuretés en mesurant la fluctuation de la tension du fil en cours de formation (cf. § VI.2.2).

En première approche, aucune variation de tension, qui pourrait être affectée au passage des SCF ensemencés, n'est apparue à l'examen des signaux capturés pour les impuretés prélevées dans le voile de cardé (PFC, PFL, GFC, GFL). En revanche, l'addition de SCF de taille nettement plus importante – prélevés dans les déchets de cardé (cf. Figure VI-31) – s'est systématiquement soldée par une importante déformation du ballon (observée visuellement) et par la casse du fil. Il nous a donc été impossible, dans ce dernier cas, de disposer de suffisamment de données pouvant permettre l'analyse du signal.

Ces observations portent à croire que la masse d'un SCF présent dans la fibre après cardage – tels que ceux qui ont été rajoutés dans la fibre – n'est pas suffisamment élevée pour provoquer une perturbation importante du processus de filage et causer la casse du fil (au continu à filer). En effet, seuls les SCF prélevés dans les déchets ont induit de telles perturbations. Toutefois, la non détection d'une variation nette de la tension du fil, provoquée par la présence d'un SCF (PFC, PFL, GFC ou GFL), ne signifie pas que ce dernier ne soit pas à l'origine d'une perturbation pouvant induire des imperfections autres que ceux dus au SCF proprement dit (points minces par exemple). De plus amples analyses sont nécessaires pour étudier ce phénomène.

## CONCLUSION GENERALE

### **VI.2.4 Conclusion**

L'importance de la perturbation provoquée par le SCF semble proportionnelle à la masse de l'impureté. Tenir compte indépendamment de la taille du fragment d'une part et de la quantité de fibres attachées d'autre part ne suffit pas pour prédire l'effet que va avoir le SCF sur la structure du fil. Il semble nécessaire de considérer le SCF comme une entité constituée du débris de coque et des éventuelles fibres qu'il porte. C'est la résultante de ces deux composantes qui va déterminer l'impact du SCF sur la structure du fil et qui va donc conditionner la nature du défaut qu'il y provoque et l'effet qu'il a sur sa résistance. Pour ce dernier paramètre, la position du SCF dans la structure du fil apparaît de nouveau comme facteur déterminant. En effet, seul les SCF qui sont insérés au sein des fibres constituant le corps du fil ont provoqué un point de faible résistance. Quant à l'impact des SCF sur le processus de filage RS, il apparaît que ces impuretés, telles qu'elles se présentent dans la fibre après cardage, ne sont pas suffisamment volumineuses pour provoquer une variation nette de la tension du fil et entraîner sa rupture.

Les fragments de coque constituent l'un des principaux contaminants de la fibre de coton et font partie des sources de préoccupation de tous les acteurs de la filière cotonnière et notamment celles des filateurs.

Dans le cadre de ce travail, nous nous sommes fixés comme objectifs d'examiner le comportement de ces impuretés pendant le processus de filature et d'étudier l'importance, en fonction des caractéristiques intrinsèques des débris de coque, des perturbations qu'ils occasionnent dans la structure du fil et leur impact sur les critères de qualité de ce dernier. Ces études ont principalement été conduites sur une micro-filature à anneau et curseur (cycle cardé). Néanmoins, certains résultats ont été étendus à la filature à rotor et à la filature industrielle.

Une étude préliminaire des outils disponibles, pour la détection et la caractérisation des fragments de coque, a montré les limites et les biais de différentes origines de ces méthodes. Ces limites sont notamment liées aux seuils de sensibilité appliqués sur les méthodes commerciales (AFIS pour le comptage dans la fibre et UT3 sur fil) qui tronquent la distribution de taille des particules et qui ne détectent par ce fait qu'une partie de la gamme des SCF présents dans la fibre ou dans le fil. En revanche, parmi les outils testés au cours de cette étude, le procédé Trashcam a montré une aptitude à détecter une gamme plus étendue des SCF présents dans la fibre. La réalisation de ce travail a donc commencé par la mise au point et la validation de nouvelles méthodes/méthodologies d'analyse pouvant nous permettre de recueillir les données et les informations nécessaires pour atteindre les objectifs fixés.

Pour le comptage des SCF dans la fibre, le procédé Trashcam a été optimisé pour permettre la détection et la mesure de la taille de la gamme complète des fragments de coque présents dans les échantillons. Ainsi, la préparation des spécimens, les paramètres de prise d'image et les jeux de variables régissant l'algorithme d'analyse ont été modifiés. Des seuils, fondés sur les critères morphologiques des débris de coque et des diverses autres impuretés telles que les particules de tiges, dont la présence pourrait biaiser le comptage de ces derniers, ont été fixés afin d'éviter ce biais. Le nouveau protocole d'analyse a été comparé à une référence visuelle et a montré sa capacité à détecter et à mesurer la taille de la totalité des débris de coque visibles dans un voile de fibres.

Ayant observé une importante diversité dans la quantité de fibres portées par les SCF et sachant que cette particularité est souvent désignée comme la cause de la difficulté d'éliminer ces impuretés de la matière, nous avons tenté d'étudier cette caractéristique. Ainsi, une méthodologie originale a ensuite été mise au point afin de permettre la mesure de la longueur des fibres attachées aux débris de coque, caractéristique n'ayant pas, à notre connaissance, été mesurée auparavant. La procédure retenue nécessite une préparation de supports de prise d'image permettant d'isoler les fragments de coque et de démêler les fibres qu'ils portent. À l'issue de cette première étape, une capture d'image suivie d'une préparation adéquate de cette dernière permet la mesure de la longueur totale de fibres attachées, à chaque débris de coque prélevé, à l'aide d'un algorithme d'analyse d'image que nous avons adapté à cet usage. La validité des longueurs obtenues par cette méthode a été testée par la comparaison à une classification visuelle. Les résultats ont montré une bonne



concordance entre les deux méthodes. Néanmoins, de plus amples expérimentations restent à conduire pour déterminer la précision et la représentativité des longueurs mesurées par cette méthode et étudier les facteurs de variabilité de cette caractéristique.

La méthode Trashcam a également été adaptée pour l'analyse des fragments de coque sur fil RS et OE. Un protocole d'analyse, incluant la préparation des plaquettes, les paramètres de prise d'image et les réglages de l'algorithme, a été déterminé à cet effet. Les comptages obtenus ont été validés par une référence visuelle. À l'aide de Trashcam, nous avons la possibilité de détecter et de mesurer la taille apparente de tous les SCF visibles sur le fil. Au Laboratoire de Technologie Cotonnière du Cirad, cette méthodologie de comptage des débris de coque sur plaquettes de fil a été introduite, dès 1998, en routine de laboratoire pour remplacer l'analyse détaillée sur régularimètre capacitif.

Ces différentes méthodologies ont ensuite été mises en œuvre à travers différentes approches expérimentales afin d'étudier les phénomènes liés aux fragments de coque. En outre, elles ont permis la mise en évidence de la diversité de formes que peuvent avoir les débris de coque et la caractérisation de la gamme complète de ces derniers dans la fibre et dans le fil. Les outils commerciaux disponibles au laboratoire (régularimètre capacitif et AFIS) ont également été exploités en parallèle.

Il est reconnu que le cardage est une étape essentielle dans l'élimination des SCF et des impuretés diverses rencontrées dans le coton. Nous avons donc étudié l'effet de cette étape du processus sur la quantité et sur la taille des SCF présents dans la fibre sur la base de deux méthodes de détection (Trashcam et AFIS). Les résultats ont montré que le cardage a provoqué une diminution significative, plus ou moins importante selon les cotons, de la quantité de SCN détectés par AFIS. La mesure de la longueur de fibres attachées a permis d'expliquer la différence, entre cotons, du nettoyage opéré par la carde sur les SCN. En effet, il est apparu que plus la quantité de fibres attachées est élevée, plus l'aptitude de la carde à éliminer des SCN a tendance à baisser.

À l'aide de Trashcam, nous avons montré que contrairement à l'opinion courante fondée sur les résultats obtenus sur AFIS, le cardage provoque une augmentation globale significative du nombre de fragments de coque présents dans la fibre. Cette augmentation est la résultante de la combinaison d'une action de nettoyage – retrait des SCF par les chapeaux de carde – et d'un important phénomène de fragmentation des particules présentes à l'entrée de la carde. Ce phénomène de fragmentation est prédominant par rapport à l'action de nettoyage et induit une accumulation des SCF de petite taille qui semblent plus difficiles à éliminer par les chapeaux de carde.

Cette contradiction apparente – le cardage est réputé éliminer une part significative et réduire le nombre des fragments de coque – est le résultat des troncatures de la gamme des débris de coque (taille et quantité de fibres attachées) détectés par les méthodes commerciales sur lesquelles sont fondées les conclusions rapportées par la littérature. La fragmentation de ces impuretés pendant le cardage décale leur distribution de taille vers les petites valeurs induisant une accumulation de petites particules dans la fibre. Ces petits débris sont considérés comme éliminés alors qu'en réalité ils demeurent dans la fibre sans être détectés, ce qui aboutit à des conclusions erronées quant à l'efficacité de la carde à



éliminer les fragments de coque. En permettant la détection et l'étude de la distribution de taille d'une gamme de débris de coque nettement plus étendue, l'utilisation de Trashcam met en évidence la conjugaison de l'action de nettoyage et du phénomène de fragmentation qui la prédomine. Des prélèvements effectués sur du matériel industriel ont corroboré les conclusions obtenues en laboratoire.

Après cardage, la totalité des fragments de coque présents dans la fibre se retrouve dans le fil quel que soit le titre de ce dernier. En effet, les opérations d'étirage et de filage à anneau et curseur n'entraînent pas de variation significative du nombre ou de la taille de ces impuretés. Il en est autrement dans le cas de la filature à rotor, où l'action d'individualisation des fibres par le briseur introduit une élimination et une fragmentation supplémentaires des débris de coque.

Une fois dans le fil, les débris de coque peuvent se manifester de différentes manières en fonction de leurs caractéristiques intrinsèques et de leur position par rapport à la structure du filé. Leur impact sur les paramètres de qualité généralement mesurés sur ce dernier est également dépendant de ces critères.

En plus de l'aspect nepposité considéré en industrie, les fragments de coque contribuent significativement à la création de tous les types d'imperfections régularimétriques du fil (défauts courts et défauts longs). En outre, les SCF prennent d'autant plus d'importance relative, dans la création des défauts, que les fibres sont longues et fines. Toutefois, les SCF à l'origine de tels défauts ne constituent qu'une faible proportion de la gamme totale des débris présents et visibles sur le fil. À l'aide de la nouvelle méthodologie de comptage sur plaquette de fil, il est désormais possible de quantifier et de tenir compte de la proportion de SCF habituellement non détectée par les méthodes commerciales.

Nous avons également mis en évidence l'existence d'un effet significatif de la présence des SCF sur la résistance du fil. Cependant, cet effet varie avec la qualité de la fibre des cotons testés. En effet, l'influence des SCF sur la résistance du fil apparaît plus importante pour des cotons ayant des paramètres de qualité fibre propices à la production d'un fil exempt de points faibles. Une explication de cette interaction entre les SCF et les propriétés technologiques des fibres a été proposée : les fragments de coque n'ont d'effet sur la charge spécifique à la rupture du fil que s'ils constituent localement le point de moindre résistance dans l'éprouvette testée. De ce fait, l'influence de ces impuretés sur la résistance dépend de la présence ou non d'autres points faibles de la structure du fil pouvant avoir une résistance inférieure à celle du point provoqué par le SCF. Cet effet dépend donc de la qualité générale de la structure du filé, elle-même en grande partie dépendante des caractéristiques des fibres mais aussi des conditions de filature.

Ces conclusions sont valables pour les filés issus de filatures classique (à anneau et curseur) et de filature à rotor. Toutefois, dans ce deuxième cas, seuls les défauts courts semblent liés aux débris de coque. De plus, l'effet de ces derniers sur la résistance du fil et l'interaction qu'ils ont avec la qualité de la fibre restent analogues mais semblent quantitativement moins importants que dans le cas du fil classique. Cette différence est expliquée par l'action de nettoyage et de réduction de la taille des SCF par le briseur au cours de l'individualisation des fibres en filature à rotor.



La taille du fragment de coque ainsi que la quantité de fibres qu'il porte sont des facteurs déterminants de la nature du défaut provoqué par ces impuretés. En effet, plus la masse du fragment de coque est importante (avec ses deux composantes : taille et quantité de fibres attachées), plus il est susceptible d'être détecté par le régularimètre et de déprécier ainsi la qualité commerciale du fil. Les petits débris (de masse peu élevée), bien que présents et visibles sur le fil, n'y provoquent pas de variation de masse suffisamment importante pour être détectés au régularimètre.

Outre la taille et la quantité de fibres attachées, la position du fragment de coque dans le fil peut également influencer la nature et l'importance de la perturbation engendrée par ce dernier dans la structure du fil. Ainsi, les débris situés au cœur du fil induisent des perturbations plus importantes que ceux se trouvant à sa périphérie et sont par conséquent plus préjudiciables à sa régularité et à sa résistance.

Comme nous avons pu le constater, les expérimentations et les méthodologies conduites et mises au point dans ce travail ont permis d'élargir le champ de vision quant à l'effet des SCF sur la qualité du fil. En effet, comme le révèlent les nombreux écrits sur le sujet, les SCF ont souvent été assimilés aux neps et ont rarement été considérés autrement que comme des imperfections similaires à ces structures. Cette insuffisance d'identification précise des SCF s'étend jusqu'à l'interprétation de leur(s) effet(s) sur le fil, où l'ensemble des SCF est le plus souvent réputé comme une source de nepposité sans considération du reste des aspects qualitatifs du fil. Ces impuretés sont donc réduites au rôle de neps définis selon des seuils de sensibilité imposés par les outils de détection disponibles sur le marché. Suite à nos travaux, il est devenu manifeste que la nepposité n'est en fait qu'une facette du problème des SCF qui sont liés à d'autres aspects qualitatifs du fil. En outre, seule une partie minoritaire de ces impuretés se traduit sur le fil par des neps détectés par le régularimètre.

Suite à ces conclusions, nous pouvons relever plusieurs points et débouchés qui mériteraient d'être approfondis pour pouvoir aboutir à des actions concrètes et raisonnées permettant de faire face au problème des débris de coque.

Il est avant tout nécessaire de relativiser le problème des débris de coque et de le situer parmi la multitude d'autres facteurs de variabilité de la qualité du fil. Remédier à ce problème n'aura l'effet escompté que si la fibre est d'une qualité relativement bonne. En effet, enlever les SCF d'un coton doté de caractéristiques fibre médiocres (ténacité, finesse, longueur, taux de fibres courtes...) n'apportera pas d'amélioration significative à la qualité du fil. Toute action visant à remédier au problème des SCF, y compris la sélection variétale, doit s'intégrer au sein d'une vision globale de la qualité : produire des fibres de bonne qualité, en fabriquer un fil de la meilleure qualité possible en veillant à optimiser les conditions de transformation et à préserver les caractéristiques des fibres au cours des opérations.

Le cardage est une étape déterminante du nombre et de la distribution des tailles des débris de coque qui vont se retrouver dans le fil. De ce fait, il conditionne l'impact de ces impuretés sur la qualité du fil. Un contrôle efficace de la fragmentation des SCF pendant le cardage, et donc de leur distribution de taille, pourrait mener à un traitement optimal

permettant un nettoyage plus facile de la fibre et une réduction de l'impact des fragments de coque sur la qualité du produit fini.

À ce stade, deux alternatives s'offrent aux filateurs et aux constructeurs de machines : soit atténuer le phénomène de fragmentation, pour faciliter l'élimination des SCF et réduire leur nombre, en ayant de plus l'avantage de préserver les caractéristiques des fibres ; dans ce cas il faut également pouvoir remonter aux étapes de transformation qui précèdent la cardage ; soit accentuer la fragmentation pour réduire la taille de ces SCF et réduire ainsi la probabilité de les voir provoquer des défauts régularimétriques et avoir un effet significatif sur la résistance du fil.

Il convient toutefois de formuler une réserve quant à la deuxième alternative. En effet, nous avons montré que les débris de coque de petite taille, pris individuellement, n'ont pas d'effet significatif sur la régularité et sur la résistance du fil telles qu'elles sont estimées en laboratoire. L'accentuation du phénomène de fragmentation pourrait donc conduire, si les caractéristiques des fibres s'y prêtent, à une diminution significative du nombre d'imperfections régularimétriques et à une amélioration de la résistance du fil. Cependant, la présence de petits SCF en nombre excessif, sachant qu'une fois fragmentés les débris de coques sont plus difficiles à éliminer, pourrait d'une part détériorer l'apparence du fil et du produit fini et d'autre part, conduire à la création de défauts par leur accumulation sur une petite longueur de fil. Par ailleurs, il serait intéressant de vérifier l'absence d'un effet significatif de ces petits débris sur le fil soumis à des sollicitations analogues à celles des opérations de transformation ultérieures (ourdissage, tissage...) et d'examiner les conséquences de leur présence en grand nombre sur les traitements de finissage (débouillissage, blanchiment, teinture...). En effet, d'après la littérature, tout porte à croire que ces petits SCF, même s'il ne provoquent pas de défauts détectés par le régularimètre utilisé en industrie, n'en restent pas moins problématiques en filature, en tissage et en ennoblissement.

Pour que le contrôle de la taille des SCF pendant le cardage soit possible, il est nécessaire de mener une étude spécifique du phénomène de fragmentation afin de déterminer les organes qui en sont à l'origine et les réglages qui le conditionnent. Il est également primordial d'effectuer un choix judicieux des outils de mesure à utiliser. En effet, comme nous l'avons montré, le choix des méthodes conduit à la détection d'une gamme différente de SCF et peut aboutir à des conclusions contradictoires. Dans ce domaine, Trashcam assure une détection plus complète, sinon exhaustive, des débris de coque visibles dans la matière et peut fournir plus de précision sur la variation de leur distribution de taille. De telles informations pourraient être exploitées avantageusement par les constructeurs de machines textiles. D'autre part, le choix de Trashcam permettra de se référer à une définition normalisée des débris de coque.

Enfin, la position du SCF par rapport au corps du fil est un paramètre à considérer avec intérêt. En effet, les particules situées en périphérie du fil ont un effet moins préjudiciable à sa structure que ceux intégrés à l'intérieur de cette dernière. Il pourrait donc être envisagé de réduire l'impact des SCF en favorisant la formation de perturbations ponctuelles, se trouvant à la périphérie du fil, moins préjudiciables à sa régularité et à sa résistance et qui pourraient en plus en être éliminées par une action de frottement exercée



sur le fil lors des opérations suivant le filage. Cette possibilité pourrait être exploitée par le contrôle de la position des impuretés par rapport au flux fibreux à la sortie du triangle de filage et par l'étude des dernières innovations apportées à ce sujet. Des recherches restent à conduire pour examiner la faisabilité de cette proposition.

Pour conclure, nous pouvons énumérer les objectifs atteints au cours de ce travail. Nous avons montré la possibilité d'une détection de la gamme complète des SCF dans la fibre et dans le fil et d'une quantification précise de ces impuretés sans troncature de leur distribution des tailles, une telle troncature pouvant mener à des interprétations incomplètes ou erronées. Nous avons également montré la faisabilité de la mesure de la quantité de fibres attachées aux SCF et l'importance de cette caractéristique, au même titre que la taille, comme facteur influençant la nettoyabilité du coton et les perturbations provoqués par les SCF dans la structure du fil.

Nous avons enfin montré, à l'aide des nouvelles méthodologies, l'effet de chaque étape du processus de filature en cycle cardé sur la quantité et la distribution de taille des SCF, ainsi que l'importance de ces impuretés comme élément de la qualité du fil, prise dans sa globalité et avec ses différents aspects, en interaction avec les caractéristiques technologiques des fibres.

Ces conclusions nous ont permis de relever plusieurs perspectives de recherche ainsi que des débouchés pouvant être exploitées en industrie pour réduire le problème des SCF.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**



- Abrams C. F. Jr, Bowman D. T., Seaboch T. R., Gutierrez O., Horton J., 1993. Shear testing of cotton seed. Meeting of the American Society of Agricultural Engineers – Canadian Society of Agriculture Engineering, June 20-23, Washington (USA), 13p.
- Aiyangar G. S., 1951. Origin and development of lint and fuzz in cotton. *Indian Journal of Agriculture Science*, 24 (4): 293-312.
- Allison P. D., 1995. Survival Analysis using the SAS<sup>®</sup> system - A practical guide. Books by users<sup>SM</sup>, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina (USA), 292p.
- Alon G., Alexander E., 1978. Mechanism of nep formation. *Melliand Textilber. Intern. (English Ed.)*, 7 (October 78): 753-756.
- Anonyme, 2000a. Fiber facts; Global production of manufactured fiber. American Fiber Manufacturers Association – Fiber Economics Bureau, 2000. ([WWW.fibersource.com/f-info/fiber%20production.htm](http://WWW.fibersource.com/f-info/fiber%20production.htm)).
- Anonyme, 2000b. A short history of manufactured fibers. American Fiber Manufacturers Association / Fiber Economics Bureau, Inc., 2000. ([WWW.fibersource.com/f-tutor/history.htm](http://WWW.fibersource.com/f-tutor/history.htm)).
- Anthony W.S., 1998. USDA Gin technology meets textile and farmer needs. *The Cotton Gin and Oil Mill Press* (August, 1998): 10-13.
- Anthony W. S., Bragg C. K., Backe E. E., 1987. Compromise gin/mill cleaning of cotton: Part I. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 04-08, Dallas, Tx (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 526-530.
- Anthony W.S., Meridith W.R., Williford J.R., 1988a. Neps in ginned lint : the effects of varieties, harvesting, and ginning practices. *Textile Research Journal*, 58 (11): 633-640.
- Anthony W.S., Meridith W.R., Williford J.R., Mangialardi G.J., 1988b. Seed-Coat Fragments in ginned lint the effects of varieties, harvesting, and ginning practices. *Textile Research Journal*, 58 (2): 111-116.
- Artzt P., 1998. La filature condensée ou compacte - l'innovation en filature de fibres discontinues. *International Textile Bulletin*, 44 (5): 26-32.
- Artzt P., 1999. La filature fibres courtes vers de nouvelles structures de fil et une meilleure exploitation de la matière première. *International Textile Bulletin*, 45 (4): 16-23.
- Artzt P., Gresser G., Maidel H., 1995. Influence sur la qualité de fil de la teneur en impuretés végétales et de l'aptitude à l'épuration des cotons. *ITB Filature et Tissage /Maille* (2/95): 14-21.
- ASTM, 1963. Standard test method for seed-coat fragments and funiculi in cotton fiber samples. *Annual Book of ASTM standards*, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA (USA). D2496-63T.
- ASTM, 1971. Standard Method of Test for Number of Neps in Cotton Samples. *Annual Book of ASTM standards*, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA (USA). D 1446-71.
- ASTM, 1978. Standard Test Method for grading cotton card web for appearance. *Annual Book of ASTM standards*, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA (USA). D 3216-78.
- ASTM, 1980. Standard test method for seed coat fragments and funiculi in cotton fiber samples. *Annual Book of ASTM Standards*, American National Standard. ANSI/ASTM D2496-80.
- ASTM, 1982. Standard test method for color of raw cotton using the Nickerson-Hunter cotton colorimeter. *Annual Book of ASTM standards*, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA (USA). D 2253-81.

- ASTM, 1995a. Standard Test Method for Neps in Cotton Fibers (AFIS-N Instrument). Annual Book of ASTM standards, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA (USA). D 5866-95.
- ASTM, 1995b. Standard Test Method for Non-Lint Content of Cotton. Annual Book of ASTM standards, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA (USA). D 2812-95.
- ASTM, 1996. Standard Test Method for Unevenness of Textile Strands Using Capacitance Testing Equipment. Annual Book of ASTM standards, American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA (USA). D 1425-96.
- Bachelier B., 1997. Application en sélection des comptages de fragments de coques dans la fibre de coton (*Gossypium Hirsutum* L.) par analyse d'image sur voile de carde. Journées Coton du Cirad-ca, 21-25 juillet 1997, Montpellier (FR), pp. 68-79.
- Bachelier B., 1998. Contribution à l'étude de la variabilité et du déterminisme génétique de la teneur en fragments de coque de la fibre de coton ; Premières applications pratiques en sélection chez *Gossypium hirsutum* L. Thèse de Doctorat Biologie et Agronomie 98-32-C-50, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Rennes (FR), 271p.
- Bachelier B., Desplans J., 1999. Histological examination of seeds and Seed Coat Fragments in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Beltwide Cotton Conferences, January 3-7, Orlando, FL (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 724.
- Bachelier B., Lassus S., 2000. Breeding against Seed Coat Fragments in cotton fiber (*Gossypium hirsutum* L.) using image analysis on card web. Beltwide Cotton Conferences, San Antonio, TX (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 1542.
- Baker R. V., Brashears A. D., 1993. Effects of ginning on pepper trash. Beltwide Cotton Conferences - Cotton Textile Processing, January 10-14, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1428-1430.
- Baker R. V., Price J. B., Robert K. Q. Jr., 1994. Cleaning cotton for effective rotor spinning. Beltwide Cotton Conferences, January 05-08, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1605-1609.
- Balasubramanya R. H., Paralikar K. M., Pati N. B., Sundaram V., 1988. Structure of seed coat (external and internal) and cotyledon surface of the four cultivated species of cotton as revealed by scanning electron microscope. ISCI Journal, 12 (1): 1-15.
- Baldwin J. C., Qaud M., Schleth A. C., 1995. AFIS Seed Coat Neps measurement. Beltwide Cotton Conferences, January 4-7, San Antonio, TX (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 1250-1253.
- Barella A., Manich A. M., De Castellar M. D., 1992. The statistical distribution of the neps size in raw cotton stocks according to the Uster AFIS-N System. 21st International Cotton Conference, Marsh 10-11, Bremen (DEU), pp. 165-171.
- Barger J. D., 1990. Cottonseed characteristics and seed-coat-fragment contamination. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 09-14, Las Vegas, Nevada (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 627-630.
- Barger J. D., 1992. Cottonseed and seed-coat fragments. Beltwide Cotton Conferences - Cotton Textile Processing, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1015-1016.
- Barger J. D., Garner T. H., 1988a. Cotton chalazal fragments and lint quality. International Summer Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, June 26-29, Rapid City, Sd (USA), ASAE, St Joseph, Mi (USA), 16 p.



- Barger J.D., Garner T.H., 1988b. The role of seed-coat and mote-fragment neps in yarn and fabric imperfections: a survey. Beltwide Cotton Conferences, January 03-08 1988, New Orleans, La (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 586-591.
- Barger J. D., Garner T. H., 1989a. Measurement of cottonseed-fragment contamination. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 02-07, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 630-634.
- Barger J. D., Garner T. H., 1989b. Predicting seed-coat fragment contamination in cotton. Transactions of the ASAE, 32 (1): 54-57.
- Barger J. D., Garner T. H., 1991. Cottonseed fragment contamination and fabric imperfections. Transactions of the ASAE, 34 (4): 1575-1582.
- Barger J.D., Hughs S.E., 1991. Cottonseed characteristics and seed-coat-fragment potential. Beltwide Cotton Conferences, 43rd Cotton Improvement Conference., January 8-12, San Antonio, TX (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 517-519.
- Beasley C. A., 1975. Developmental morphology of cotton flowers and seed as seen with the scanning electron microscope. American Journal of Botany, 62 (6): 584-592.
- Bel-Berger P. D., Von Hoven T. M., Goynes W. R., 1997. Varietal effects on the white speck phenomenon. Beltwide Cotton Conferences, January 6-10, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 565-571.
- Belleli T., 1999. Coton, une offre mondiale excessive, L'Industrie Textile (1314): 25-26.
- Bertheux B., Dréan J.-Y., 1988. Préparation filature - Fibres courtes. L'Industrie Textile (1190): 731-737.
- Boel J.C., 1956. La filature du coton. manuel à l'usage de l'enseignement et de la pratique. Imprimerie Vyncke, Gand (Bel), 704p.
- Boulanger J., Gutknecht J., 1955. Influences variétales et climatiques sur le rythme de floraison du cotonnier (*G. hirsutum*). Coton et Fibres Tropicales, 10 (1): 26-34.
- Bourély J., 1987. Le cotonnier sans gossypol, une source de protéines alimentaires. Situation actuelle et perspectives d'avenir, après le colloque d'Abidjan. Coton et Fibres Tropicales, 42 (1): 55-63.
- Bourland F. M., Bird L. S., 1983. Genetic evaluation of selected seed and seed-coat traits in cotton. The Journal of Heredity, 74 : 118-120.
- Bowman D., 1996. Testing cotton seed coat quality. Beltwide Cotton Conferences, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 623-624.
- Bragg C. K., Anthony W. S., Simpson C. L., Backe E. E., Werber F. X., 1987. Compromise gin/mill cleaning of cotton: Part II. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 04-08, Dallas, Tx (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 530-532.
- Bragg C. K., Simpson C. L., 1989. The effect of carding on removal of bark from cotton. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 02-07, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 626-628.
- Bragg C. K., Simpson C. L., 1991. The effect of bark particle size on processing efficiency in rotor spinning. Beltwide Cotton Conferences - 43rd Cotton Improvement Conference, January 07-11, San Antonio, Tx (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 520-522.
- Bragg C. K., Simpson C. L., 1998. The effect of preparation on the spinning quality of cotton. Beltwide Cotton Conferences, January 5-9, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 452-455.

- Bragg C. K., Simpson C. L., Lieberman M. A., 1993. Image analysis as a method for measuring cleanability. Beltwide Cotton Conferences - Joint Session : Textile/Quality, January 10-14, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1656-1659.
- Brashears A. D., Baker R. V., Bragg C. K., Simpson C. L., 1992. Effect of Bark on spinning efficiency of cotton. Beltwide Cotton Conferences - Cotton Textile Processing, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1206-1211.
- Braud M., Richez F., 1963. L'importance de la date de semis pour la culture cotonnière de l'Ouest et du Nord de la Centrefrique. Coton et fibres Tropicales, 18 (3): 265-272.
- BSI, 1974. Determination of nep content of card web (cotton system). BSI Handbook, British Standards Institution. 11 : 1974. Section 2. Fibres: 2/63-2/66.
- Bucher E., Izquierdo V., 1999. Dans la continuité d'ITMA 1995. L'Industrie Textile (1312): 61-64.
- Buffet M., 1979. La graine du cotonnier, sources importante de matières grasses et de protéines utilisables dans l'alimentation de l'homme et des animaux. Coton et Fibres Tropicales, 34 (2): 191-204.
- Butler R., 2000. Inter-fiber competition. Cotton Outlook, 2000. (www.cotlook.com).
- Calhoun D. S., Bargerion J. D., Anthony W. S., 1997. An introduction to AFIS for cotton breeders. Beltwide Cotton Conferences, January 6-10, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 418-424.
- Carmichael W. L., Linton G. E., Price I., 1947. The Callaway textile dictionary. Callaway Mills, La Grange, Georgia (USA).
- Cauquil J., Vaissayre M., 1971. La maladie bleue du cotonnier en Afrique : transmission de cotonnier à cotonnier par *Aphis gossypii* Glover. Coton et Fibres Tropicales, 26 (4): 463-466.
- Chambers J. M., Cleveland W. S., Kleiner B., Tukey P. A., 1983. Graphical Methods for Data Analysis. Wadsworth International Group, Duxubury Press, Belmont - California, 395p.
- Chanselme J.L., Lançon J., 1988. Influence du lint-cleaning sur le rendement à l'égrenage et la technologie de la fibre: Une expérimentation en usine. Coton et Fibres Tropicales, 43 (3): 221-226.
- Chanselme J.-L., Bachelier B., Hofs J.-L., Duplan S., Brunissen C., 1998. Bilan de l'étude comparative de différentes égreneuses de laboratoire. Actes des Journées Coton du CIRAD-CA, 20-24 juillet, Montpellier (FR), pp. 61-72.
- Chapman W. E., 1972. How the strength of attachment of fibers to cottonseeds affects ginning performance and fiber qualities. Beltwide Cotton Production research Conferences, January 10-12, Memphis, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 54-56.
- Chen D.T., Chiou G.T., Anderson C.G., 1991. Inter-regional pricing of cotton fiber attributes: does quality matter ?. Beltwide Cotton Conferences, January 07-11, San Antonio, Tx (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 367-373.
- Chess R. H., 1991. Contamination: a real problem for our industry. Beltwide Cotton Conferences, January 07-11, San Antonio, Tx (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 487-488.
- Cirad, 1994. Coton Doc : Système multimédia sur le cotonnier et ses ennemis en Afrique francophone au sud du Sahara. Cirad / AUPELF-UREF, 1994.
- Cirad, 1996. ANALYRA V3.0. CIRAD, Montpellier, FR, 36 p.
- Cirad-LTC, 1998a. Mode opératoire pour l'utilisation de Trashcam V3 sur scanner à partir de voiles de mini-carde. Montpellier, FR., CIRAD-ca, Laboratoire de Technologie Cotonnière. 4 p.



- Cirad-LTC, 1998b. Mode opératoire pour l'utilisation de Trashcam V3 sur scanner pour comptages sur plaquettes de fil RS et OE 20 tex. Montpellier, FR., CIRAD-ca, Laboratoire de Technologie Cotonnière. 3 p.
- Columbus E. P., Mangialardi G. J., 1994. Relationship of cottonseed moisture to seed damage at gins. Beltwide Cotton Conferences - Joint session : Engeneering/Ginning, January 05-08, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1727-1729.
- Constantin O., 1993. Trashcam. Cirad-ca, Laboratoire de Technologie Cotonnière, Rapport de stage - 04/04-28/08/93, Montpellier (FRA), 77 p.
- Cooper H.B., McRae K., Anderson D., Palmer J., Pellow J., 1994. Methods fo the evaluation of seed coat fragments. Beltwide Cotton Conferences, January 05-08, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1442-1443.
- Curran J. M., 1992. What are the qualitative needs of the modern spinning industry ?. Technical Seminar at the 51st Plenary Meeting of the International Cotton Advisory Committee. Cotton marketing systems and quality evaluation, 1992/09/-, Liverpool (GBR), International Cotton Advisory Committee, pp. 3-6.
- Dagnélie P., 1975. Théorie et méthodes statistiques. Les presses agronomiques de Gembloux, 450p.
- Davidonis G. H., Landivar J., 1994. Mote characteristics in texas cotton. Beltwide Cotton Conferences, January 05-08, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1489.
- Deguine J.-P., 1995. Etude bioécologique et épidémiologique du puceron *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptéra, Aphididae) sur cotonnier en Afrique Centrale. Vers une évolution de la protection phytosanitaire. Thèse de doctorat Sciences agronomiques, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier (FR), 138p.
- Delattre R., 1973. Parasites et maladies en culture cotonnière. Manuel phytosanitaire, CIRAD, Montpellier, 146p.
- Desplans J., 1996. Etude histologique des Seed Coat Fragments et de la chalaze des graines de dix variétés de coton (*Gossypium hirsutum* L.). Rapport de stage de Maîtrise de Physiologie Végétale Appliquée. Cirad - Biotrop, Montpellier (FRA), 34p.
- Douglas K., 1988. La troisième génération des appareils de régularimétrie. Zellweger Uster®, Uster® News Bulletin n° 35, 46 p.
- Douglas K., 1989. Uster Statistics 1989. Zellweger Uster Uster News Bulletin - Dec. 1989, 36p.
- Dréan J.-Y., 1987. Contrôle plurifonctionnel automatique : le Yarn Tester. L'Industrie Textile (1176): 396-371.
- Dréan J.-Y., Krifa M., Gourlot J.-P., 1998. Débris de coques en filature. L'Industrie Textile (1295): 33-35.
- El Mogahzy Y.E., Broughton R., Lynch W. K., 1990. Statistical approach to determining the technological value of cotton using High Volume Instrument fiber properties. Textile Research Journal, 60 (9): 495-500.
- Elsner O., Alon G., Bar-Yecheskel H., 1988. Ovule fiber as a possible source of neps and motes in Pima cotton. Textile Research Journal, 58 (5): 269-273.
- Ethridge D., 1999. Instruments to measure cotton contamination. Textile Topics (winter 1999): 2-7.
- Ethridge D., Hequet E., 1999. An evaluation of the AFIS Short Fiber Content measurement. Textile Topics (2: spring 1999): 2-8.

- Ethridge D., Reiyao Z., 1997. Predicting yarn quality using measurements at alternative stages of the spinning process. Beltwide Cotton Conferences, January 6-10, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 696-705.
- Evenson J. P., 1955. Botanical studies in cotton quality. 1- Morphological factors affecting proneness to nep. The Empire Cotton Growing Review, 32 (3): 157-167.
- Faerber C., 1992. Significance of trash and dust tests in production of high quality rotor yarns. Beltwide Cotton Conferences - Cotton textile processing, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1439-1444.
- Farr W. K., 1931. Cotton fibers. I. Origin and early stages of elongation. Contributions from Boyce Thompson Institute, 3 : 441-458.
- Fournier J., Gutknecht J., 1990. Études dimensionnelles des graines de cotonnier en relation avec leur présence dans la fibre. Coton et fibres Tropicales, 45 (3): 243-257.
- Fransen T., Verchraege L., Kalisa P., 1984. Mesure de la résistance à l'arrachement des fibres des graines de coton. Coton et fibres Tropicales, 39 (4): 2137-143.
- Frey M., Furter R., Meier R., Schneiter W., White Ed., 1991. Mesure des caractéristiques de qualité des fibres de coton. Zellweger Uster Uster® News Bulletin n° 38, 31 p.
- Frey M., Schneider U., 1988. Possibilities to remove Seed Coat Fragment in the spinning process, International Cotton conference, Marsh 88, Bremen, 6p.
- Frey M., Schneider U., 1989. Solving the mystery of seed coat fragments. Cotton International : 98-103.
- Fritz A., Vallerie M., 1971. Contribution à l'étude des déficiences minérales des sols sous culture cotonnière au Nord-Cameroun. Coton et fibres Tropicales, 26 (3): 273-301.
- Frydrych I., 1992a. A new approach for predicting strength properties of yarn. Textile Research Journal, 62 (6): 340-348.
- Frydrych I., Matusiak M., 2000. Cotton Contamination. Fiber Society Meeting, May 17-19, Guimarães - Portugal, pp. 149-150.
- Frydrych I., Zurek W., 1992. Prediction of mechanical properties of cotton yarn (strength and strain) vs. laboratory methods of evaluation of fibre properties. International Cotton Test Conference, Marsh 12-14, Bremen, pp. 95-109.
- Frydrych R., 1992b. Évaluation du nombre d'imperfections sur fil au régularimètre Uster GGP et plaquette de fil, et sur voile de carde. document interne IRCT, Montpellier (FRA), 11/01/92, 3 p.
- Frydrych R., 1996. Contribution à l'étude du collage du coton au moyen de méthodes mécaniques et thermomécaniques. Doctorat Université de Haute Alsace, Mulhouse (FRA), 199p.
- Frydrych R., Dréan J.-Y., 2000. A new methodology usable by researchers and spinners for short staple fiber microspinning. Beltwide Cotton Conferences, January 4-8, San Antonio, TX (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 1555-1556.
- Frydrych R., Gourlot J.-P., 1993. Evaluation de la résistance du fil à partir des caractéristiques technologiques de la fibre obtenues sur HVI. Coton et Fibres Tropicales, 48 (3): 201-204.
- Frydrych R., Gutknecht J., 1989. Identification et comptage des diverses imperfections rencontrées sur le fil de coton. Coton et Fibres Tropicales, 44 (1): 59-65.



- Frydrych R., Héquet E., Brunissen Ch., 1995. High Speed Stickiness Detector: relation with the spinning process. Beltwide Cotton Conferences, January 4-7, San Antonio, TX, USA, National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 1185-1189.
- Frydrych R., Krifa M., Tamime O., Giner M., Gurlot J.-P., 1999. Detection and counting of two cotton contaminants: Seed coat fragments and honeydew deposits. Beltwide Cotton Conferences, January 3-7, Orlando, FL (USA), National Cotton Council of America, Memphis, TN (USA), pp. 695-698.
- Frydrych R., Tamime O., Gurlot J.-P., Gozé E., Le Blan T., Ahmed Salah F., Abdin A.M., 2000. Sticky cotton effects on the carded spinning process. Beltwide Cotton Conferences, San Antonio, TX (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 1517-1518.
- Fryxell P. A., 1964. Morphology of the base of seed hairs of *Gossypium*. II Comparative morphology, Botanical Gazette, 125 : 108-114.
- Galyon M. E., Shofner F. M., 1992. A trough the mill study of neps, trash, and short fiber content. Beltwide Cotton Conferences - Cotton Textile Processing, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1253-1257.
- Gautier J., 1947a. Essais d'extraction d'huile de coton au Tchad. Coton et fibres Tropicales, 2 (3): 90-96.
- Gautier J., 1947b. Les sous produits du coton : les linters. Coton et fibres Tropicales, 2 (1): 34-35.
- Gautier J., 1949. L'utilisation comme combustible de la graine de coton au Tchad. Coton et fibres Tropicales, 4 (2): 53-56.
- Gerdes F. L., Bennett C. A., 1935. Effect of artificially drying seed cotton before ginning on certain quality elements of the lint and seed and on the operation of the gin stand. USDA Technical Bulletin n° 508, Washington, D.C. (USA).
- Ghorashi H. M., Baldwin J. C., Khan M. A., 1994. AFIS advancement in nep and length measurements. Beltwide Cotton Conferences, January 05-08, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1433-1436.
- Giner M., 1998. Synthèse et perspectives sur la reconnaissance des défauts du coton. D.E.A. Informatique, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier (FR), 42p.
- Giner M., 2000. Les utilisations de l'informatique comme support au Laboratoire de Technologie Cotonnière. Journées Coton du Cirad-ca, 17-21 juillet 2000, Montpellier (FR), pp. 61-62.
- Giner M., Gurlot J.-P., Bachelier B., Ahronowitz E., Hugon M., Damiand G., 1997. Latest developments and results in automatic SCF counting. Part I : development of algorithms and preliminary results. Beltwide Cotton Conferences, January 6-10, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1633-1636.
- Gurlot J.-P., 1997. Principe de mesure et utilisation des HVI. Cirad-ca Manuel de formation-Montpellier (FR), 68 p.
- Gurlot J.-P., Frydrych R., Hequet E., Thollard F., Constantin O., Bachelier B., 1995a. Seed-coat fragments counting and sizing on card web. Beltwide Cotton Conferences, January 4-7, San Antonio, TX, USA, National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 1245-1249.
- Gurlot J.-P., Giner M., Héquet E., Ahronowitz E., Hugon M., Damiand G., 1998a. Latest developments and results in automatic SCF counting. Part II : improved image acquisition and results obtained. Beltwide Cotton Conferences, January 5-9, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1522-1524.

- Gourlot J.-P., Giner M., Mahistre D., 1995b. Derniers développements de la base de données de résultats d'analyses technologiques du Laboratoire de Technologie Cotonnière. Journées Coton du Cirad-ca, 24-27 juillet 1995, Montpellier (FR), pp. 68-73.
- Gourlot J.-P., Hequet E., 1994. Recherche cotonnière : comment utiliser les chaînes HVI en amélioration variétale ?. *Agriculture et développement* (2): 39-43.
- Gourlot J.-P., Krifa M., Frydrych R., Chanselme J.-L., 1998b. Honeydew and Seed Coat Fragments : Identifying and counting two major cotton fiber contaminants. 2<sup>nd</sup> World Cotton Research Conferences, September 1998, Greece, 10 p.
- Gozé E., Frydrych R., 1997. Une application du modèle log-linéaire : détermination des conditions optimales de comptage de défauts dans la fibre de coton. Données comptage, document de travail de la Délégation Biométrie et Mathématiques appliquées n° 3-97. Cirad. Montpellier (FRA): 107-118.
- Gresser G., 1994. Experiences in measuring dust and trash with MDTA 3. International Committee on Cotton testing Methods. Meeting of the Working Group on Dust/Trash, March 2, 1994, ITMF, pp. 7p.
- Grosberg P., Iype C., 1999. Yarn Production: Theoretical Aspects. The Textile Institute, Manchester, 205p.
- Gupta A.K., 1985. A rapid and simple method for the determination of seed-coat content in cotton-fiber samples. *Journal of the Textile Institute*, 76 (6): 402-406.
- Gupta A.K., 1986. Method for quick estimation of Seed Coat content in cotton lint (a proposal for consideration of the ITMF working group on trash). International Committee on Cotton Testing Methods, Bremen, ITMF, pp. Ap21.
- Gupta A.K., Patel R.S., Subramanian T.A., 1985. Some studies on the removal of seed-coat fragments from cotton to control blemishes on ring-spun cotton yarns. *Journal of the Textile Institute*, 76 (6): 407-414.
- Gupta A. K., Vijayshankar M. N., 1985. Seed-Coat Fragments in Cotton as sources of Blemishes in Ring-spun yarns. *Journal of the Textile Institute*, 76 (6): 393-401.
- Gupta P. S., Radhakrishnan M., 1961. Some observations on seed coat nep proneness in relation to lint index. *The Indian Cotton Growing Review*, 14 (3): 141-148.
- Gutknecht J., 1960. L'égrenage du coton aux Etats Unis. *Coton et fibres Tropicales*, 15 (1): 81-130.
- Gutknecht J., 1977. Etude préliminaire de l'influence de l'égrenouse à rouleau de laboratoire sur le pourcentage à l'égrenage et la longueur de la fibre. *Coton et fibres Tropicales*, 32 (3): 279-284.
- Gutknecht J., 1984. Prédiction de la résistance du fil en fonction de longueur de la fibre. *Coton et Fibres Tropicales*, 39 (2): 25-29.
- Gutknecht J., Roerich N., 1963. Etude de l'influence du mode d'égrenage sur les caractéristiques technologiques du coton. *Coton et Fibres Tropicales*, 18 (2): 271-284.
- Han Y. J., Lambert W. E., Harrison R. E., Bragg C. K., 1998. Counting white specks using image analysis. Beltwide Cotton Conferences, January 5-9, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1575-1579.
- Harland S. C., 1927. An account of the programme of work in the Genetics Department. *Cotton Research Station, Trinidad, Empire Cotton Growing Revue*, 4 : 325-329.
- Harrison R. E., Bargerion J. D., 1986. Comparison of several nep determination methods. *Textile Research Journal*, 56 (2): 77-79.



- Heap S. A., Greenwood P. F., nd. Cotton seed fibre separation energy and its influence on ginned lint quality. 12-15.
- Hebert J. J., Boylston E. K., Thibodeaux D. P., 1988. Anatomy of a nep. *Textile Research Journal*, 58 (7): 380-382.
- Hebert J. J., Mangialardi G. J., Ramey H. H., 1986. Neps in cotton processing. *Textile Research Journal*, 56 (2): 108-111.
- Hebert J. J., Thibodeaux D. P., 1989. A study of seed coat fragment propensity in cotton cultivars. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 02-07, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 110-111.
- Hebert J. J., Thibodeaux D. P., 1993. Seed coat fragments in cotton yarns. *Textile Research Journal*, 63 (11): 626-628.
- Hequet E., 1994. Cotton Fiber Technology, Cirad-ca, Manuel de formation - Montpellier (FR).
- Hequet E., 1999. Application of the AFIS Multidata. Beltwide Cotton Conferences, January 3-7, Orlando, FL (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 666-670.
- Hequet E., Ethridge D., Cole W. D., 1998. Evaluation of improvement in yarn quality with new ring spinning frame. *Textile Topics* (4: fall 1998): 2-8.
- Hequet E., Krifa M., Gourlot J.-P., 1999. Trashcam: a new instrument for cotton breeders. *Textile Topics* (3, summer 1999): 2-8.
- Herber D. J., 1991. What producers and ginners can do to reduce contamination. Beltwide Cotton Conferences - 7th Cotton Ginning Conference, January 07-11, San Antonio, Tx (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 489-490.
- Hormes I., Wulffhorst B., 1995. Identification des particules gênantes avec le traitement digital de l'image. *ITB Filature et Tissage/Maille* (02-95): 4-12.
- Hughs S. E., 1992. Review of research on how gin cleaning affects textile quality. Beltwide Cotton Conferences - Cotton Textile Processing, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1246-1248.
- Hughs S. E., Bargerion J. D., Watson M., 1992. Effects of rib gap spacing on seedcoat fragments and finish cloth. Beltwide Cotton Conferences - Cotton Engineering-Systems/Cotton Ginning Conferences, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1421-1422.
- Hughs S. E., Bragg C. K., 1991. Cotton variety and ginning effects on textile quality : a preliminary report. International Winter Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, 1991/12/17-20, Chicago, Il (USA), ASAE, St Joseph, Mi (USA), 8 p.
- Hughs S. E., Bragg C. K., 1995. Some varietal and ginning effects on textile quality. Beltwide Cotton Conferences, January 4-7, San Antonio, TX, USA, National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 628-633.
- Hugon M., 1996. Rapport technique de l'algorithme utilisé dans Trashcam V3. Cirad-ca, Laboratoire de Technologie Cotonnière, Rapport de stage - 01/10/95-31/01/96, Montpellier (FRA), 25 p.
- Hunter L., 1997. Worldwide trends in cotton fiber testing. Beltwide Cotton Conferences, January 6-10, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 501-503.
- Hunter L., 1998. Cotton quality testing into the next Millennium. International cotton conference, March 1998, Bremen.

- ICAC, 1994). L'égrenage du coton : de nouvelles techniques s'imposent. ICAC Recorder. International Cotton Advisory Committee. Washington DC (USA), ICAC: 21-24.
- ICAC, Ed., 1999a). Coton : Examen de la situation mondiale. Washington DC (USA).53 (1), 24 p.
- ICAC, 1999b. Cotton: World statistics. International Cotton Advisory Committee Icac Bulletin - October 1999, Washington DC (USA), 112 p.
- ICAC, 1999c. The outlook for cotton supply in 1999/00. International Cotton Advisory Committee - October 1999, Washington DC (USA), 24 p.
- ICAC, 1999d. World cotton trade 1999/00. International Cotton Advisory Committee - Washington DC (USA), 99 p.
- Innes N. L., Wimble R. H., 1976. Breeding for reduced seed coat fuzz in upland cotton (*Gossypium hirsutum*). Ann. appl. Biol., 83 : 39-147.
- ITMF, 1999. Cotton contamination survey. International Textile Manufacturers Federation - 57 p.
- Iyengar R. L. N., 1941. Variation in the mesurable characters of cotton fibres. III. Variation of maturity among the different regions of the seed surface. The Indian Journal of Agricultural Science, 6 (11): 866-875.
- Iype C., Wan T.R., 1998. Nep structure identification and analysis using image processing methods. Textile Research Journal, 68 (12): 889-899.
- Jacquemart J.-A., 1953. Contribution à l'étude de la structure du coton. Coton et Fibres Tropicales, 8 (2): 161-168.
- Jones P. C., Baldwin J.C, 1995. The influence of Seed Coat Neps in yarn manufacturing. Zellweger Uster Inc. Uster Solutions n° 3, Knoxville, Tennessee U.S.A, 18 p.
- Jones P. C., Baldwin J. C., 1996. The influence of Seed Coat Neps in yarn manufacturing. Beltwide Cotton Conferences, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1454-1460.
- Joshi P. C., Wadhwani A. M., Johri B. M., 1967. Morphological and embryological studies of *Gossypium* L. Indian Journal of Agricultural Research, 33 (B): 37-93.
- Kechagia U. E., Xanthopoulos F. P., 1998. Factors Affecting Neps, Dust, Trash and Total impurities in Cotton. International Committee on Cotton Testing Methods, Bremen, ITMF, pp. 143-148.
- Kizungu R. V., 1997. Problèmes de modélisation dus aux petits effectifs dans l'analyse de la distribution des parasites agrégatifs. Données comptage, document de travail de la Délégation Biométrie et Mathématiques appliquées n° 3-97. Cirad. Montpellier (FRA): 149-161.
- Knowlton J. L., 1998. Experience with cotton stickiness testing. Beltwide Cotton Conferences, January 5-9, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1550-1553.
- Knowlton J. L., 1999. Improvements in HVI trash measurment procedures. Beltwide Cotton Conferences, January 3-7, Orlando, FL (USA), National Cotton Council of America, Memphis, TN (USA), pp. 663-665.
- Knowlton J. L., 2000. Future quality measurements. Beltwide Cotton Conferences, January 4-8, San Antonio, TX (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 1579-1581.
- Krifa M., 1997. Contribution à l'étude de l'impact des fragments de coque de graine sur la qualité du fil de coton (*G. hirsutum*). D.E.A Génie des processus et des matériaux textiles et para-textiles, Université de Haute Alsace, Mulhouse (FR), 69p.



- Krifa M., Bachelier B., Frydrych R., Hofs J.-L., 1998a. Trashcam : counting Seed Coat Fragments for cotton breeding. Technical seminar of the International Cotton Advisory Committee, October 1998, Santa Cruz de la Sierra (Bolivia), pp. 30-32.
- Krifa M., Gurlot J.-P., Dréan J.-Y., 1999. Seed-Coat Fragments, a major source of cotton yarn imperfections. Beltwide Cotton Conferences, January 3-7, Orlando, FL (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 722-724.
- Krifa M., Gurlot J.-P., Frydrych R., 1998b. Identification et comptage des fragments de coques sur voile de carte et sur fil par analyse d'image. Partie 1: Mise au point des modes opératoires. Journées Coton du Cirad-ca, 20-24 juillet 1998, Montpellier (FR), pp. 73-76.
- Krifa M., Gurlot J.-P., Frydrych R., 1998c. Identification et comptage des fragments de coques sur voile de carte et sur fil par analyse d'image. Partie 2: Résultats. Journées Coton du Cirad-ca, 20-24 juillet 1998, Montpellier (FR), pp. 77-81.
- Krifa M., Vydelingum V., Gurlot J.-P., Frydrych R., 2000. Seed-Coat Fragments effect on carded cotton yarn evenness. Beltwide Cotton Conferences, January 4-8, San Antonio, TX (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 1538-1541.
- Kuratle C., 1996. Optical detection of impurities in cotton. International Committee on Cotton Testing Methods, Bremen, ITMF, pp. Ap.34.
- Kuratle C., 1998. Detection and Removal of Foreign Materials in the blowroom. International Committee on Cotton Testing Methods, Bremen, ITMF, pp. 139-142.
- Lagière R., 1966. Le Cotonnier. Techniques Agricoles et Productions Tropicales, R. Coste, Paris, 306p.
- Lenzing, 2000. Lenzing instruments. (WWW.lenzing.com).
- Lesnoff M., 1997. Traitement des données binaires surdispersées : le modèle beta-binomial. Données comptage, document de travail de la Délégation Biométrie et Mathématiques appliquées n° 3-97. Cirad. Montpellier (FRA): 132-147.
- Lieberman M.A., 1998. Determining gravimetric bark content in cotton with machine vision. Textile Research Journal, 68 (2): 94-104.
- Lieberman M. A., Park M., Siddaiah M., 1999. Evolution of video color/trash processing at SouthWestern Cotton Ginning Research Laboratory. Beltwide Cotton Conferences, January 3-7, Orlando, FL (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 657-663.
- Lieberman M. A., Zhao Z. Y., 1991. Categorizing cotton trash shapes using video imagery. Beltwide Cotton Conferences - 3rd Cotton Quality Measurement, 1991/01/07-11, San Antonio, Tx (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 854-858.
- Locher H., Ernst H., 1971. Contrôle de qualité et surveillance de la propreté du fil en filature. Zellweger Uster Uster News Bulletin n° 17, 15 p.
- Lord E., 1948. Neppiness and immaturity in cotton. The Empire Cotton Growing Review, 25 : 180-190.
- Lord E., 1961. The characteristics of raw cotton. Manual of cotton spinning, The Textile Institute and Butterworths, Manshester (G.B.), 333p.
- Lord E., 1967. Tendences de la demande en matière de qualité des fibres de coton. Coton et Fibres Tropicales, 22 (4): 479-489.
- Macdonald A. G., 1997. Fiber needs for textile consumer. Beltwide Cotton Conferences, January 6-10, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 29-30.

- Mangialardi G. J., 1985. An evaluation of nep formation at the cotton gin. *Textile Research Journal*, 55 (12): 757-761.
- Mangialardi G. J., 1986. Seed-coat fragments levels in ginned lint cotton. Winter Meeting American Society of Agricultural Engineers, December 16-19, Chicago, Il (USA), ASAE, St Joseph, Mi (USA), pp. 1-12.
- Mangialardi G. J., 1987. Relationship of lint cleaning to seed coat fragments. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 04-08, Dallas, Tx (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 535-536.
- Mangialardi G. J., 1988. A review of seed-coat fragment research. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 03-08 1988, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 592-594.
- Mangialardi G. J., 1990. Performance of air-type lint cleaners in reducing motes and seed-coat fragments. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 09-14, Las Vegas, Nevada (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 669-674.
- Mangialardi G. J., 1992. Lint cleaning effect on seed-coat fragment size distribution in cotton. *Textile Research Journal*, 62 (6): 335-340.
- Mangialardi G. J., 1993. Some facts about cottonseed damage at gins. Beltwide Cotton Conferences - Joint Session : Engineering/Ginning, January 10-14, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1583-1587.
- Mangialardi G. J., 1995. Alternate carding and combing procedures for cotton lint cleaners. *Applied Engineering in Agriculture*, 11 (6): 801-810.
- Mangialardi G. J., Anthony W. S., 1999. Evaluation of a mill-type lint cleaner. *The Cotton Gin and Oil Mill Press* (September 99): 6-10.
- Mangialardi G. J., Barger J. D., Rayburn S. T., 1988. Gin-stand feed rate effects on cotton quality. *Transactions of the ASAE*, 31 (6): 1844-1854.
- Mangialardi G. J., Halloin J. M., Hebert J. J., 1993. Relationship of cottonseed parameters to imperfections in ginned lint, *USDA Technical Bulletin* n° 1826, 15p.
- Mangialardi G. J., Lalor W. F., 1990. Propensity of cotton varieties to neppiness. *Transactions of the ASAE*, 33 (6): 1748-1758.
- Mangialardi G. J., Lalor W. F., Bassett D. M., Miravalle R. J., 1987. Influence of growth period on neps in cotton. *Textile Research Journal*, 57 (7): 421-427.
- Mangialardi G. J., Meredith W. R., 1990. Relationship of fineness, maturity, and strength to neps and seed-coat fragments in ginned lint. *Transactions of the ASAE*, 33 (4): 1075-1082.
- Mangialardi G. J., Naarding W. J., 1988. Seed-coat levels in selected bales of U.S. cotton. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 03-08, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 166-168.
- Mangialardi G. J., Shepherd J. V., 1968. Seed Coat Fragment and Funiculus distribution in ginned lint as affected by lint cleaning. *U.S. Dept. of Agr. - ARS* 42-145,
- Mangialardi G. J., Shepherd J. V., 1969. Effects of lint cleaning at cotton gins on seed-coat fragment and funiculus distribution. *Textile Research Journal*, 39 (1): 11-14.
- Markezich A. R., Tallant J. D., Worner R. K., 1958. Progress reports on use and application of the nepotometer : some factors that affect test results. *Textile Research Journal*, July 1958 : 570-575.



- Marquié C., 1996. Mise au point et étude de films biodégradables réalisés avec des farines de graines de cotonniers. Doctorat Biochimie et Technologies Alimentaires, Université de Montpellier, Montpellier (FR), 193p.
- Matthews G.A., 1989. Cotton insect pests and their management. Longman Scientific and Technical Ed., Essex (G.B.), 199p.
- Matusiak M., Frydrych I., Hequet E., 2000. Seed Coat Neps - their assessment methods and changes of their number during processing. Fiber Society Meeting, May 17-19, Guimarães - Portugal, pp. 1-4.
- May O. L., Taylor R.A., 1998. Breeding cottons with higher yarn tenacity. Textile Research Journal, 68 (4): 302-307.
- McDaniel R. G., 1979. Physiological and scanning electron microscopic evaluations of cottonseed quality. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 07-11, Phoenix, Ar (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 40-42.
- McDaniel R. G., 1990. Force jauge measurement of cotton seed-coat strength. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 09-14, Las Vegas, Nevada (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 73.
- Mehta R. D., Salame P. A., 1993. Nep coverage of immature cotton. Textile Asia, June 1993 : 41-43.
- Mergeai G., Noel J.-M., Louwagie J., Baudoin J., 1993. Utilisation du cotonnier sauvage *Gossypium areysianum* pour l'amélioration de l'espèce cultivée *G. hirsutum* L. Description de deux nouvelles lignées d'addition monosomiques. Coton et Fibres Tropicales, 48 (4): 231-251.
- Midgley E., 1931. Technical terms in the textile trade; a dictionary of yarns, cloths, makes, weaves, and terms for spinners, manufacturer, merchants, distributors, etc. Manchester, GB.
- Miravalle R. J., Mangialardi G. J., Lalor W. F., 1986. Neps in cotton genotypes grown in six locations across the cotton belt in 1984. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 04-09, Las Vegas, Na (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 426-428.
- Mohamed A. A., Sawan Z. M. M., 1977. Effect of bolls position on cotton yarn quality. Agricultural Research Journal, 55 : 145-151.
- Moore V. P., Shaw C. S., 1967. Mechanical damage to cottonseed - ginning effects. The Cotton Gin and Oil Mill Press, 68 (5): 10-11, 14-15.
- Mör U., 1996. FCT - Fiber Contamination Tester - A new instrument for the rapid measurment of stickiness, neps, seed-coat fragments & trash - for the ginner to the spinner. Beltwide Cotton Conferences, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1329-1331.
- Mör U., 1997. FCT - A system for defining different levels and profiles of stickiness and its connection to other contaminants such as Seed Coat Fragments. Beltwide Cotton Conferences, January 6-10, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1639-1642.
- Mör U., 1998. Trash Neps and Seed Coat fragments as measured by image analysis of the FCT. International Committee on Cotton Testing Methods, March 10-11, Bremen, ITMF, pp. 147-148.
- Naarding W. J., 1986. Raw cotton related problems : neps. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 04-09, Las Vegas, Na (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 429-431.
- Newton F. E., Burley S. T., Moore V. P., 1966. The effect of trash removal on cotton processing performance and product quality. Textile Bulletin, March 1966 : 28-75.

- Novick R. G., Jones J. E., Anthony W. S., Aguillard W., 1991. Genetics traits effects on nonlint trash of cotton. *Crop Science*, 31 (4): 1029-1034.
- Novick R. G., Jones J. E., Anthony W. S., Aguillard W., Dickson J. I., 1990. Seedcotton cleanability and non-lint trash at the gin as affected by morphological traits. *Beltwide Cotton Production Research Conferences*, January 09-14, Las Vegas, Nevada (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 80-81.
- Novick R. G., Jones J. E., Dickson J. I., Anthony W. S., 1988. Effect of leaf shape, bract type, and leaf pubescence on non-lint trash and nep content of upland cotton. *Beltwide Cotton Conferences*, USA, National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 126-131.
- Parry G., 1981. *Le Cotonnier et ses produits. Techniques Agricoles et Productions Tropicales*, R. Coste, Paris, 502p.
- Pearson N. L., 1933. Neps and similar imperfections in cotton. *USDA Technical Bulletin n° 396*, Washington, D.C. (USA), 18 p.
- Pearson N. L., 1937. Naps, neps, motes, and seed-coat fragments. A description of certain elements of cotton quality. *USDA, Bureau of Agricultural Economics - Washington, D.C. (USA)*, 7 p.
- Pearson N. L., 1939. Relation of the structure of the chalazal portion of the cotton seed coat to rupture during ginning. *Journal of Agricultural Research*, 58 (11): 865-873.
- Pearson N. L., 1944. Neps in cotton yarns as related to variety, location, and season of growth. *USDA Technical Bulletin n° 878*, Washington, D.C. (USA), 18 p.
- Pearson N. L., 1949. Mote types in cotton and their occurrence as related to variety, environment, position in lock, lock size, and number of locks per boll. *USDA Technical Bulletin n° 1000*, Washington, D.C. (USA), 37 p.
- Pearson N. L., 1955. Seed coat fragments in cotton - an element of yarn quality. *USDA Technical Bulletin n° 1116*, Washington, D.C. (USA), 17 p.
- Perkins H.H., 1971. Determination of Seed-Coat Fragments in cotton by solvent-extraction and infrared spectrophotometric analysis. *Textile Research Journal*, 41 (7): 559-563.
- Perkins H.H., 1984. Causes of a sticky problem for the cotton spinner. *Textile Month*, August 84 : 42-43.
- Pilsbury G. R., 1992. Eliminating bark and seed coat fragments from cotton card sliver. *Beltwide Cotton Conferences - Cotton Textile Processing*, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1258-1263.
- Price J.B., 1987. The suitability of certain american cottons for the production of fine count rotor-spun yarn. *Texas Tech University - Lubbock , Tx (USA)*, 25 p.
- Price J. B., Baker R. V., Robert K. Q., 1992. Studies of the combining influence of gin and mill cleaning on cotton fiber and yarn quality. *Beltwide Cotton Conferences - Cotton Textile Processing*, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1249-1252.
- Price J. B., Shaw D. L., 1989. A comparison of the spinning performance of cotton containing various levels of bark. *Beltwide Cotton Production Research Conferences*, January 02-07, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 619-625.
- Raingear J., 1968. Note sur l'influence du mode et de la date de la récolte sur la technologie de la fibre. *Coton et Fibres Tropicales*, 23 (3): 363-364.
- Ramey H. H. Jr., Lawson R., Worley S. Jr., 1977. Relationship of cotton fiber properties to yarn tenacity. *Textile Research Journal*, 47 (10): 685-691.



- Rayburn S. T., 1985. Cotton seed coat fragment research. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 06-11, New Orleans, Na (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 362.
- Rayburn S. T., 1988. Natural occurrence of immature cottonseed in six midsouth cultivars. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 03-08, New Orleans, Na (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 165-166.
- Raymond G., Marquié C., 1995. La graine de cotonnier et ses produits. OCL, 2 (6): 422-424.
- Reeves R. G., Valle C. C., 1932. Anatomy and microchemistry of the cotton seed. Botanical Gazette, 93 : 259-277.
- Renner M., 1999. Fibres courtes, un nouveau souffle pour le continu à filer. L'Industrie Textile (1308): 29-31.
- Roberty G., 1949. Variation de longueur dans les poils d'une même graine de coton. Coton et Fibres Tropicales, 4 (1): 25-32.
- Roch J., 1975. Récolte mécanique de 3 variétés de cotonniers en Côte d'Ivoire. Coton et Fibres Tropicales, 30 (4): 475-479.
- Roehrich O., 1947a. Méthode générale d'étude des caractères technologiques des fibres textiles végétales (1<sup>ère</sup> partie). Coton et Fibres Tropicales, 2 (2): 37-50.
- Roehrich O., 1947b. Méthode générale d'étude des caractères technologiques des fibres textiles végétales (2<sup>ème</sup> partie) : Les caractères technologiques de la fibre de coton. Coton et Fibres Tropicales, 2 (3): 81-89.
- Ryser U., Schorderet M., Jauch U., Meier H., 1988. Ultrastructure of the fringe-layer, the innermost epidermis of cotton seed coats. Protoplasma, 147 (2): 81-90.
- Saporta G., 1990. Probabilités, Analyse des données et statistique. Editions Technip, Paris (FRA), 493p.
- Sasser P. E., 1988. An objective method for counting and sizing neps. International Cotton conference, Marsh 88, Bremen, 6 p.
- Sasser P. E., Hinkle D., 1988. An objective measurement of neps by AFIS. Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 03-08, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 568-571.
- Sasser P. E., Hurst I., Hinkle D., Shofner F., 1987. An objective measurement of neps in raw cotton. International Summer Meeting of the American Society of Agricultural Engineers, 1987/06/28-01, Baltimore, Md (USA), ASAE, St Joseph, Mi (USA), pp. 11 p.
- Sasser P. E., Watson M. D., 1998. What to expect in new fiber quality measurements. Beltwide Cotton Conferences, January 5-9, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 457-459.
- Sawich-Towler M., Rogers C.-D., 1997. Influence of neps on rotor spun yarn strength. Beltwide Cotton Conferences, January 6-10, New Orleans, LA, USA, National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 729-733.
- Schenek A., 1998a. Brême 1998: Session cotonnière internationale dans la tradition. International Textile Bulletin (4-98): 36-42.
- Schenek A., 1998b. Développement en matière de contrôle du coton. International Textile Bulletin (3/98): 28-35.

- Schenek A., Knittl S., Quad M., Schleth A., 1998. Détermination du contenu de fibres courtes par AFIS. *International Textile Bulletin*, 44 (5): 34-40.
- Schleth A., 1994. USTER® AFIS Nep mesurment on the way of standardisation. *International Committee on Cotton Testing Methods. Meeting of the Working Group on Dust/Trash*, March 2, 1994, ITMF, pp. 19p.
- Schleth A., 1998. A performance update on AFIS Nep and Trash measurement. *ITMF Committee on Cotton Testing Methods*, March 10-11, Bremen, pp. 131-138.
- Schlichter S., Loesbrock P., 1997. Foreign particules in cotton - Origin of contamination and possibilities of detection and removal in process. *Beltwide Cotton Conferences*, January 06-10, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 673-677.
- Schlichter S., Lösbrock P., 1996. Online test of neps and trash particles at high-performance cards. *International Cottontest Conference*, Marsh 96, Bremen, pp. 181-192.
- Smith B., Waters B., 1985. Extending Applicable Ranges of Regression Equations for Yarn Strength Forecasting. *Textile Research Journal*, 55 (12): 713-717.
- Smith W.S., Pearson N. L., 1941. A method for measuring the strength of attachment of cotton fibres to the seed and some results of its application. *USDA - Agricultural Marketing Service and Bureau of Plant Industry - Washington DC*, 27 p.
- Snedecor G. W., Cochran W. G., 1957. *Méthodes Statistiques*. Ed. 6, The Iowa State University Press, Ames, Iowa (USA), 649p.
- Stewart J. M., 1975. Fiber initiation on the cotton ovule (*Gossypium hirsutum*). *American Journal of Botany*, 62 (7): 723-730.
- Summers F., 1925. Some common faults in cotton goods. *Journal of the Textile Institute*, 16 : T323-T337.
- Taha M.G., Bourély J., 1989. Etude en microscopie électronique de la formation des parois de fibres du *Gossypium barbadense* L. en Egypte. *Coton et Fibres Tropicales*, 44 (2): 95-115.
- Taylor R. A., 1987. Grading cotton non-lint content with television images. *Beltwide Cotton Production Research Conferences*, January 04-08, Dallas, Tx (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 543-548.
- Taylor R. A., 1988. Particle size estimation with video trashmeters. *Beltwide Cotton Conferences*, January 03-08 1988, New Orleans, La (USA), National Cotton Council of America. Memphis, TN (USA), pp. 600-605.
- Taylor R. A., 1996. Measuring leaf, bark and grass particles in cotton with NIR imaging. *Beltwide Cotton Conferences*, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1705-1708.
- Taylor R. A., Godbey L. C., 1989. Video scan trashmeter area calibration. *Beltwide Cotton Production Research Conferences*, January 02-07, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 586-591.
- Texas-Tech-University, 1989a. Research on tandem carding. I. Benefits of tandem carding for fine-count rotor spinning performance. *Textile-Topics*, 17 (7): 1-3.
- Texas-Tech-University, 1989b. Research on tandem carding: Part II. *Textile-Topics*, 17 (8): 1-4.
- Texas-Tech-University, 1989c. Research on tandem carding: Part III. *Textile-Topics*, 17 (9): 1-3.
- Texas-Tech-University, 1989d. Research on tandem carding: Part IV. *Textile-Topics*, 17 (10): 1-2.



- Thollard F., 1994. Trashcam v 2.0 - Comptage de neps sur voile de carde. CIRAD-CA - Montpellier (FRA), 11 p.
- Townes M. G., Baldwin J. C., Shofner F. M., 1992. A comparison of AFIS counting and sizing of trash and dust particles with other methods. Beltwide Cotton Conferences - Cotton textile processing, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 985-988.
- Tsai I.-S., Chu W.-C., 1997. A new photoelectric device for the measurement of yarn diameter and yarn evenness - Part III: Computer-aided on-line measurement of yarn evenness on the Ring-Spinnig frame. *Journal of the Textile Institute*, 88 (4): 415-427.
- U.S.D.A., 1996. Cotton quality crop of 1995. United States Department of Agriculture - Vol.69, N°. 7, Memphis, Tennessee (USA).
- Van der Sluijs M.H.J., Hunter L., 1999. Neps in Cotton Lint. *Textile Progress*, The Textile Institute, Manchester, 51p.
- Van Langenhove L., 1996. Evaluation of the Zellweger AFIS-N instrument. *International Committee on Cotton Testing Methods*, Bremen, ITMF, pp. Ap33.
- Van Langenhove L., Louwagie J., Kiekens P., 1990. La teneur du coton en fragments de graines (seed coat content), sa corrélation avec d'autres propriétés physiques. *Coton et Fibres Tropicales*, 45 (4): 335-346.
- Vega A., 1999. Analyse d'image. IUP Informatique, Université Montpellier II, Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier (FR), 53p.
- Verschraege L., 1989. Cotton fiber impurities - Neps, motes, and seed coat fragments. *ICAC Review Articles on Cotton Production Research n° 1*, Wallingford (UK), 55p.
- Verschraege L., Fransen T., 1988. Mesure de la quantité et de l'origine des fragments de graines dans la fibre de coton après égrenage. *Coton et Fibres Tropicales*, 43 (4): 307-310.
- Verschraege L., Kiekens P., 1987. Cotton fibre-to-seed attachment forces. *Cotton fibres : their development and properties*. Technical monograph from the Belgian Cotton Research Group. Manchester (UK), International Institute for Cotton: 2-5.
- Vigil E. L., Anthony W. S., Columbus E. P., Erbe E., Wergin W. P., 1994. Structural analysis of fiber attachment to seed coat: restrictive barriers to fiber removal during saw ginning. *Beltwide Cotton Conferences*, January 05-08, San Diego, Ca (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1751.
- Waterkeyn L., 1987a. Light microscopy of the cotton fibre. *Cotton fibres : their development and properties*. Technical monograph from the Belgian Cotton Research Group. Manchester (UK), International Institute for Cotton: 17-22.
- Waterkeyn L., 1987b. Structural features of the cotton fibre foot and their importance.. *Cotton fibres : their development and properties*. Technical monograph from the Belgian Cotton Research Group. Manchester (UK), International Institute for Cotton: 27.
- Williams G. F., Schleth A. C., 1993. Comparison of various trash measurements. *Beltwide Cotton Conferences - Cotton Quality Measurement Conference*, January 10-14, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1163-1167.
- Willis H. H., 1932. The relation of ginning to the spinning quality of cotton. *Cotton*, 96 : 29-33.
- Worsham J.B., 1998. La qualité du coton et le procédé de dosage précis pour les tissus infroissables, *International Textile Bulletin* (2): 22-28.
- Worsham J.B., 1999. Consumers demand cotton, *Cotton grower* (September 1999): 25.

- Xu B., Fang C., Huang R., Watson M. D., 1997. Chromatic image analysis for cotton trash and color measurements. *Textile Research Journal*, 67 : 881-890.
- Xu B., Fang C., Huang R., Watson M. D., 1998. Cotton color measurements by imaging colorimeter. *Textile Research Journal*, 68 (5): 351-358.
- Xu B., Fang C., Watson M. D., 1999. Clustering analysis for cotton and trash classification. *Textile Research Journal*, 69 (9): 656-662.
- Yankey J. M., 1996. The value of fiber testing in the ginning industry. Beltwide Cotton Conferences, January 06-10, Nashville, Tn (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1654-1657.
- Yankey J. M., Jones P. C., 1993. Multidata AFIS. Beltwide Cotton Conferences - Cotton Textile Processing, January 10-14, New Orleans, La (USA), National Cotton Council, Memphis, Tn (USA), pp. 1129-1131.
- Youssef A. E. M., Marzook A. S., Mahgoub M. A., 1990. The contribution of cellulose percentage, wax content and degree of polymerization to yarn neppiness. *Annals Agric. Sci., Fac. Agric., Ain Shams Univ., Cairo, Egypt*, 35 (1): 177-185.
- Zellweger, 1984. USTER® : Mesure de la régularité (Manuel d'application). Zellweger Uster® SA, 231p.
- Zhang W., Iype C., Oxenham W., 1998. The analysis of yarn thin places and unevenness with an image-analysis system and program design. *Journal of the Textile Institute*, 89 (1): 44-58.
- Zhang Y.F., Bressie R.R., 1995. Fabric defect detection and classification using image analysis. *Textile Research Journal*, 65 (1): 1-9.



**ANNEXES**

## Annexe 1 : Standards filature

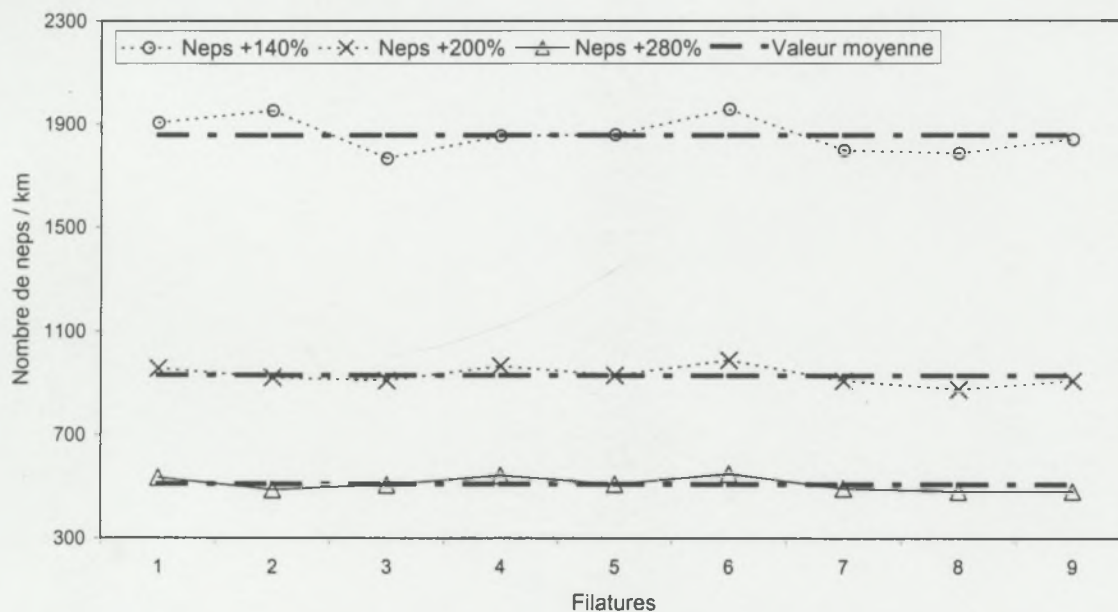


Figure 1 : Coton standard, comptage des différentes classes de neps par UT3.

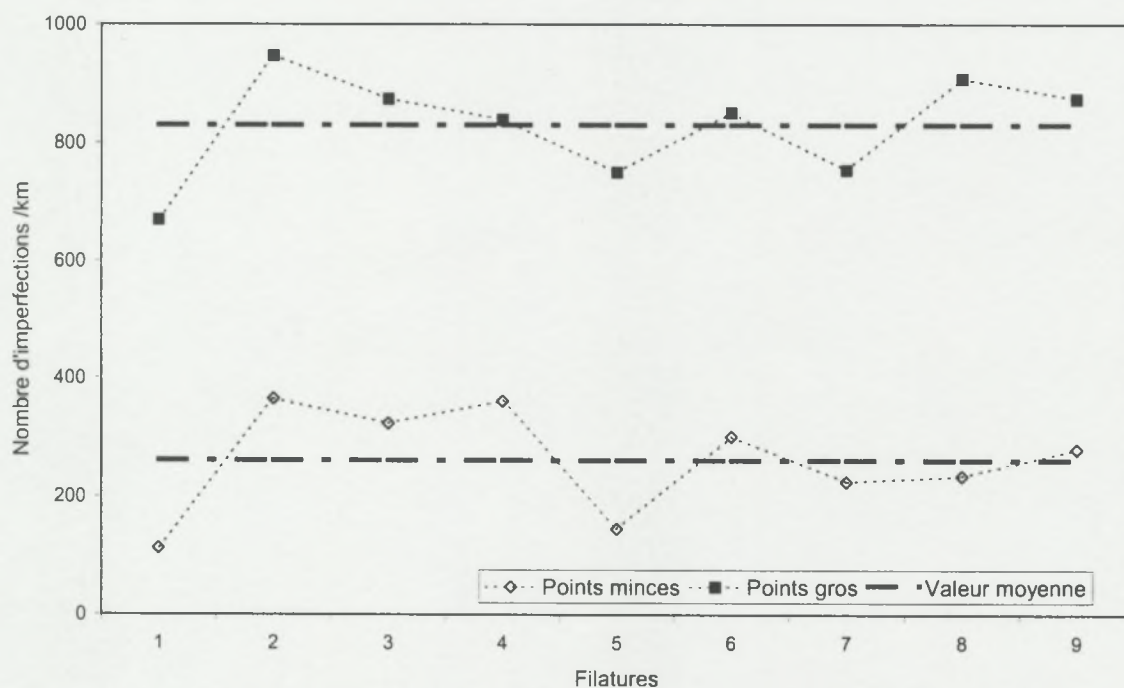


Figure 2 : Coton standard, comptage des défauts longs par UT3.



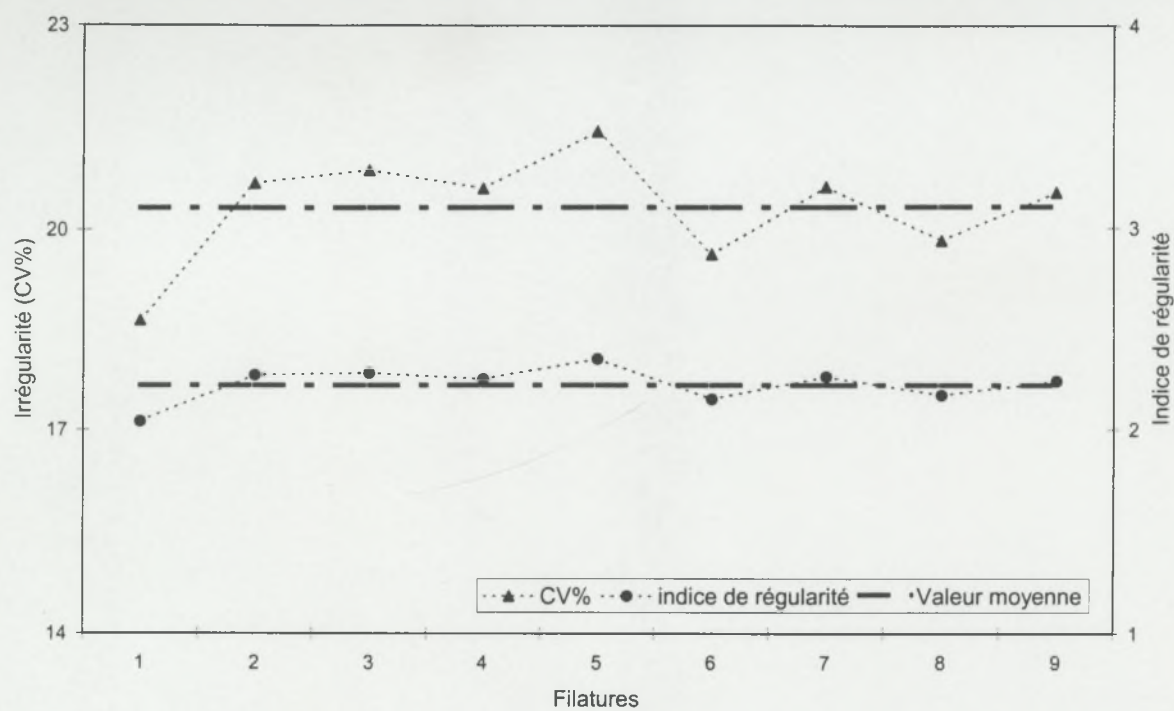


Figure 3 : Coton standard, CV% et indice de régularité mesurés sur UT3.

## Annexe 2 : Standards AFIS<sup>®</sup>, fourchettes fournies par le constructeur.

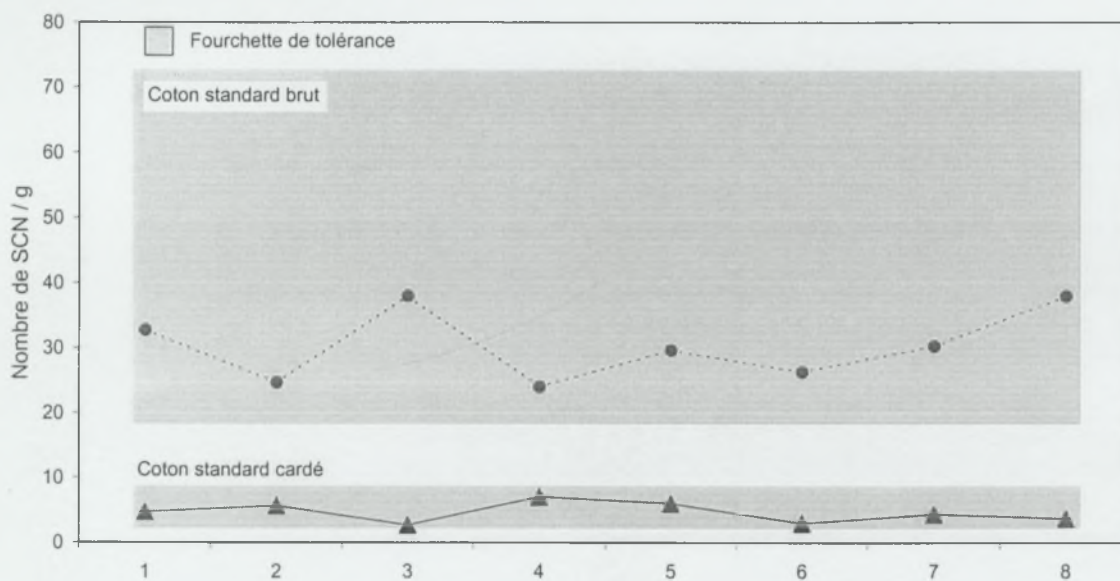


Figure 4 : Standards d'étalonnage nepposité, évolution du comptage des SCN au cours des expérimentations sur AFIS.

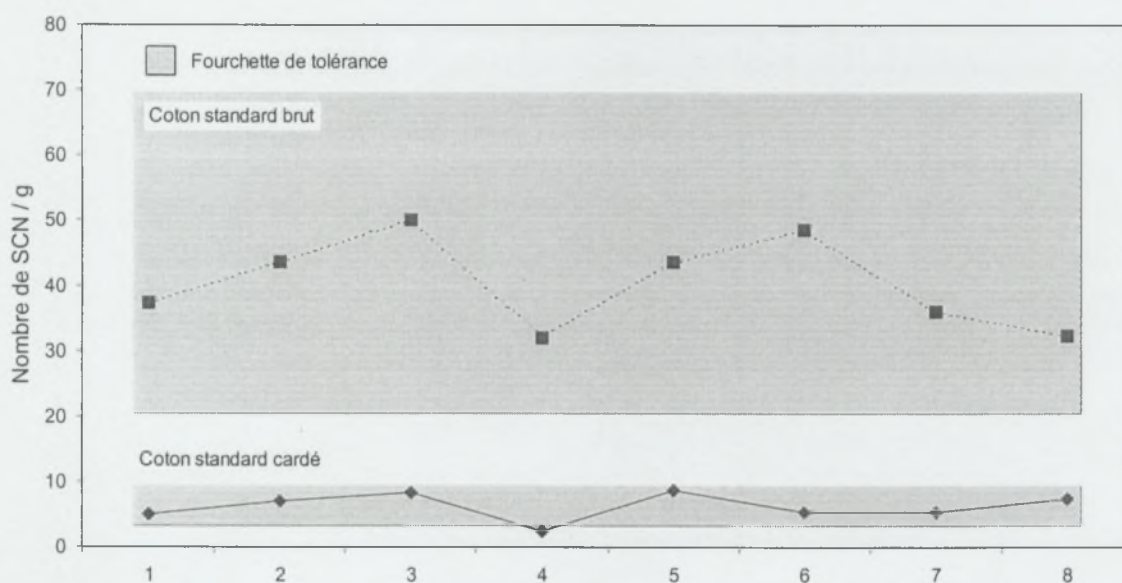
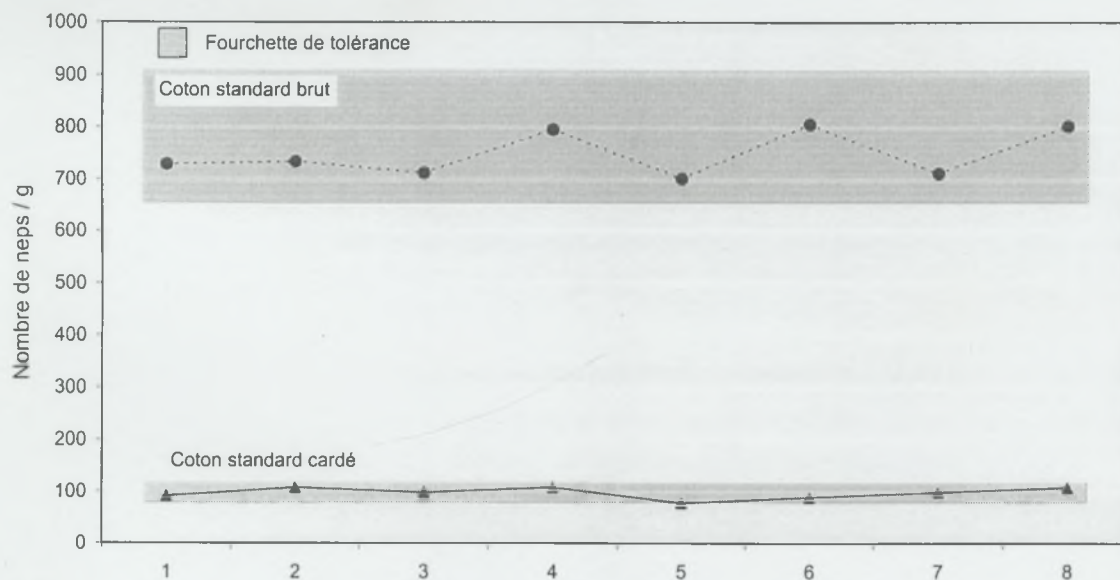
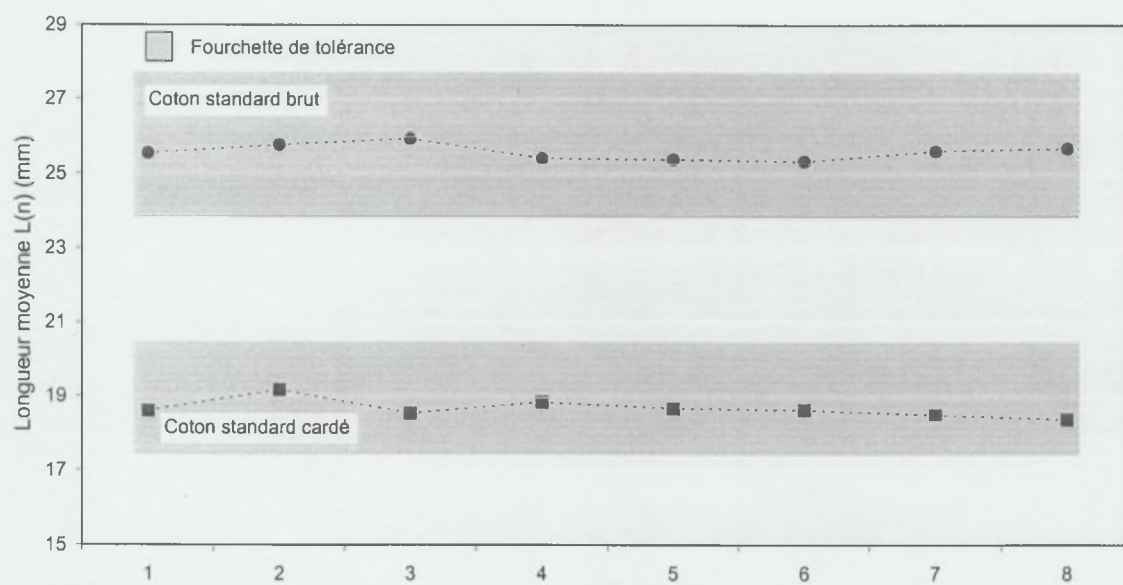


Figure 5 : Standards d'étalonnage nepposité, évolution du comptage des SCN au cours des expérimentations sur AFIS.





**Figure 6 :** Standards d'étalonnage nepposité, évolution du comptage des neeps au cours des expérimentations sur AFIS.



**Figure 7 :** Standards d'étalonnage longueur, évolution de la mesure de la longueur au cours des expérimentations sur AFIS.

## Annexe 3 : Standards Trashcam

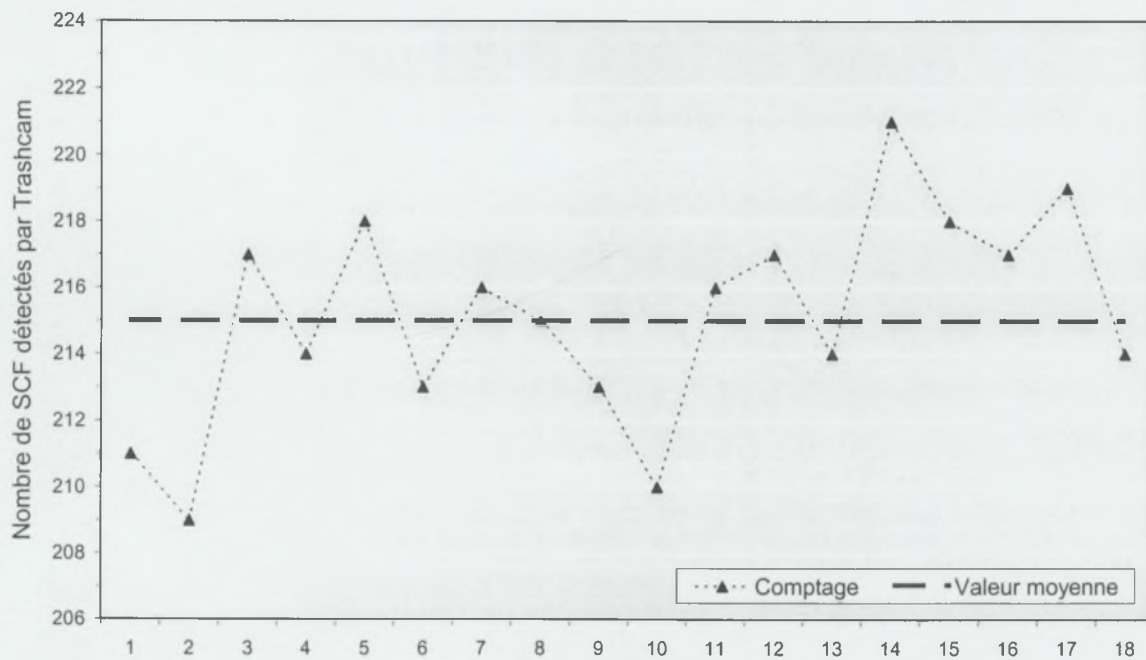


Figure 8 : Evolution au cours des expérimentations du comptage Trashcam sur plaquette de fil RS 20 tex, 18 analyses d'une même plaquette (intervalle : environ 1 semaine).

Niveau de gris

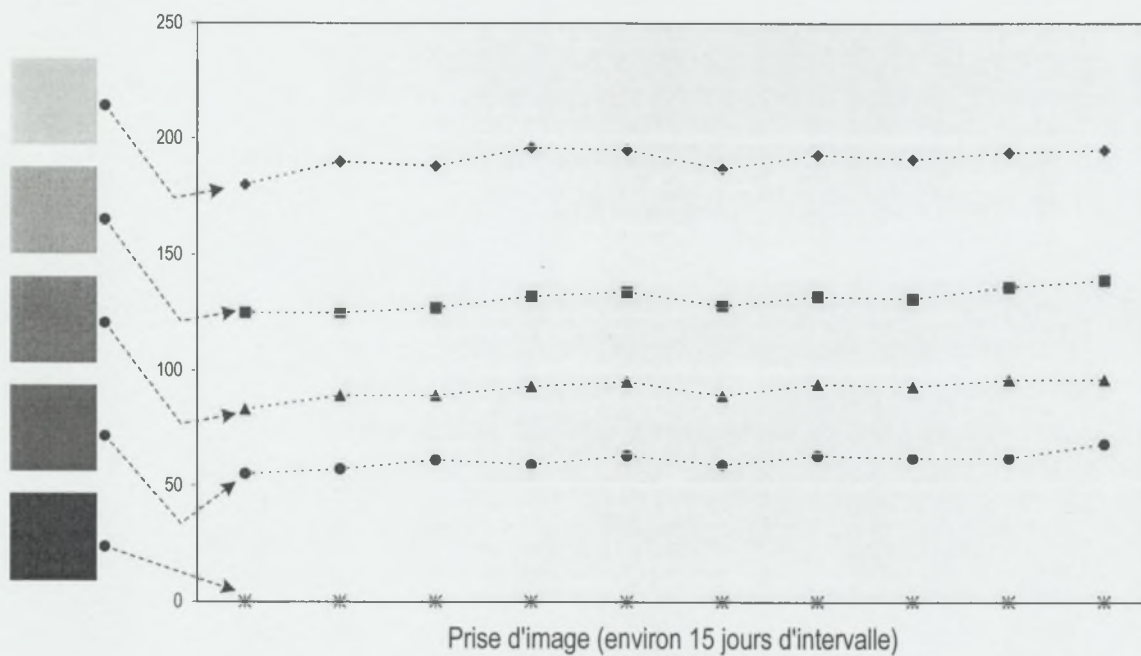
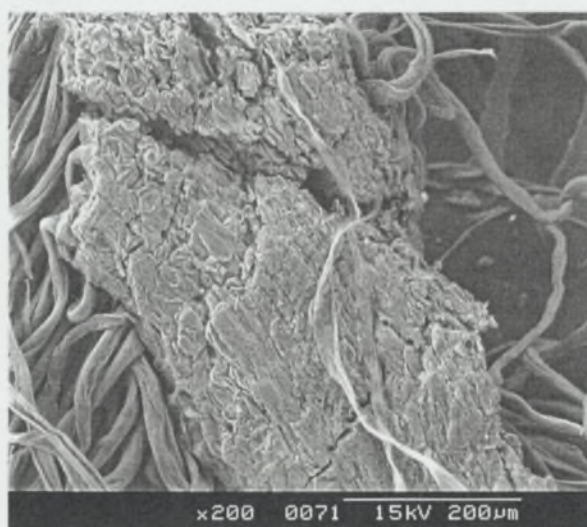
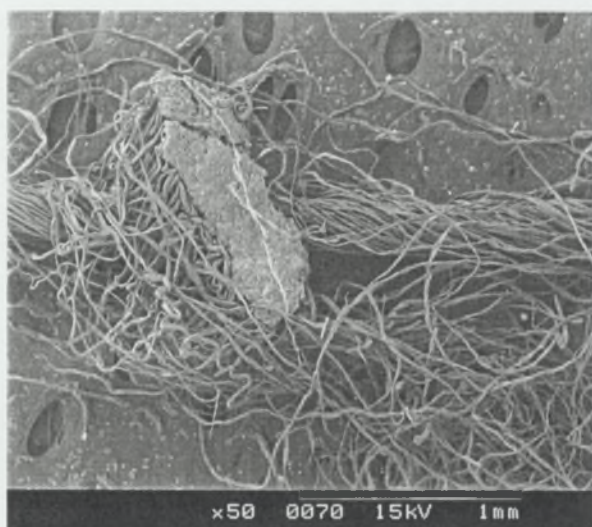
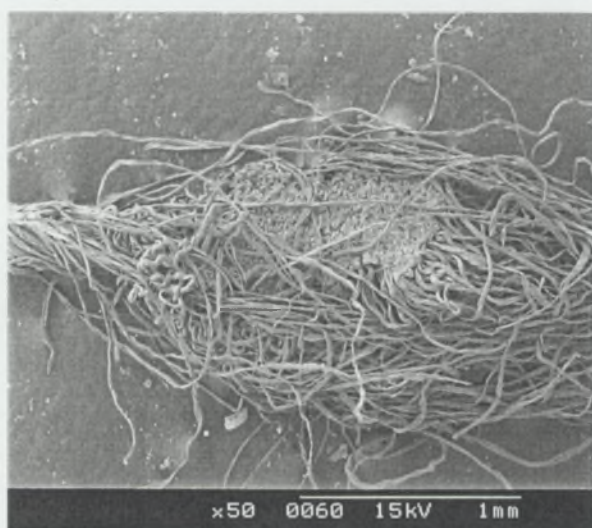
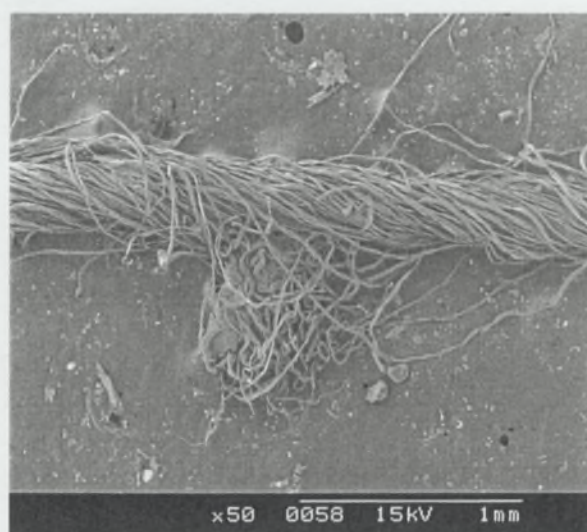
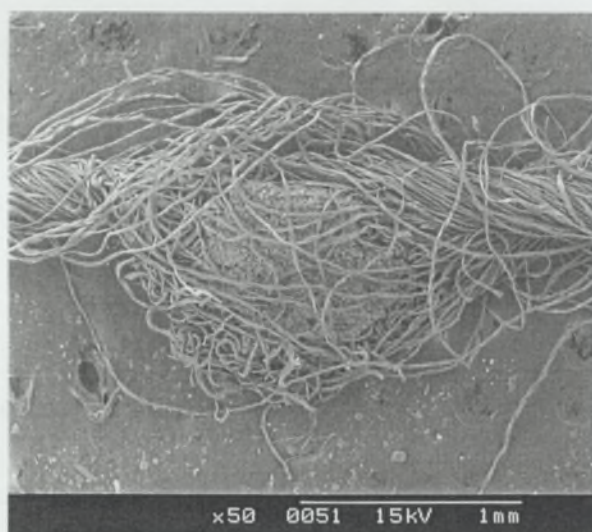


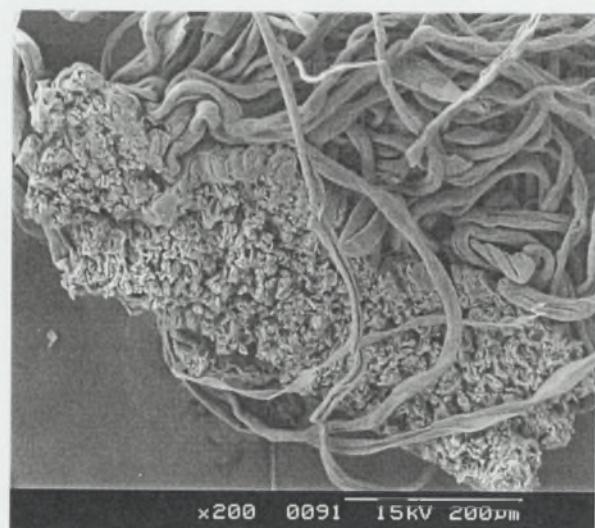
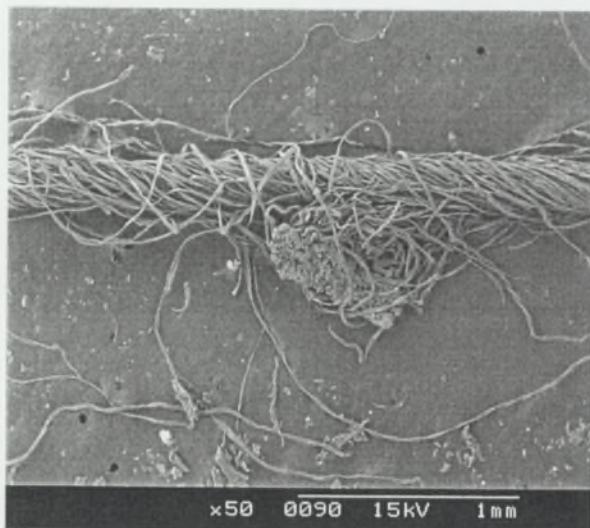
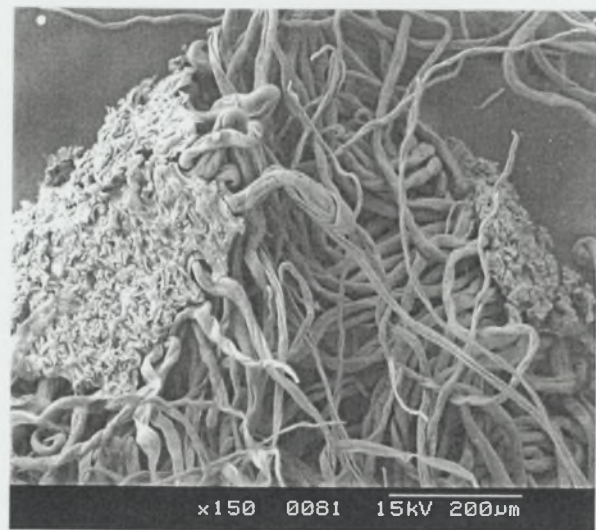
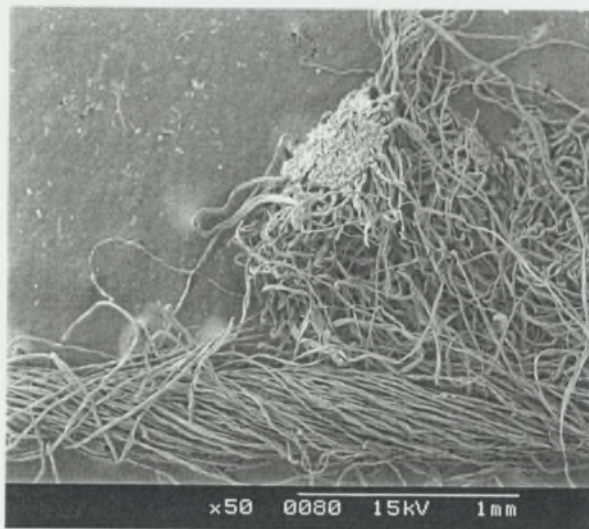
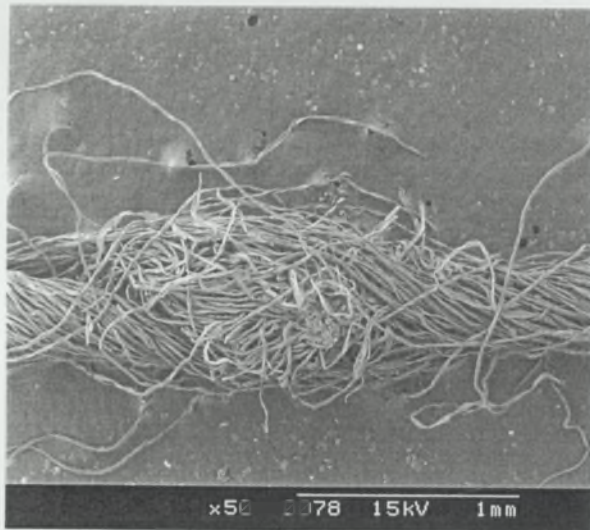
Figure 9 : Mesure du niveau de gris par Trashcam (mire standard Konica).



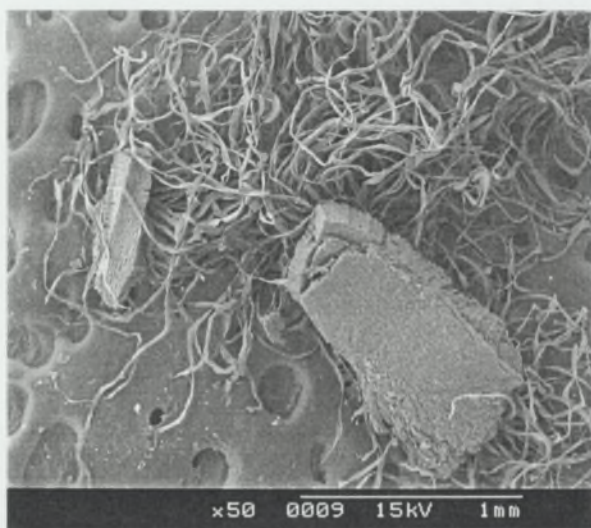
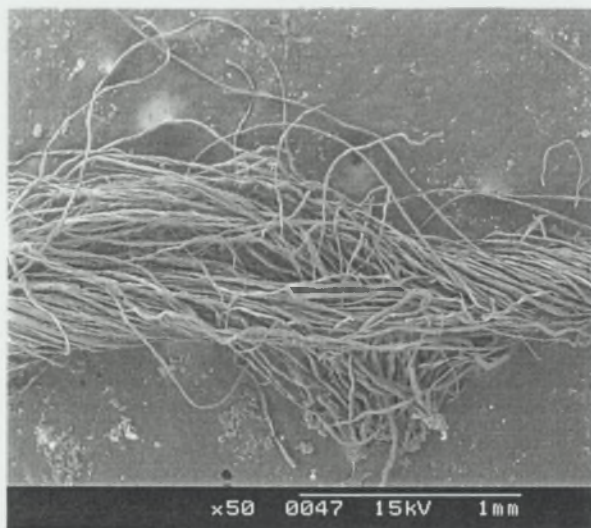
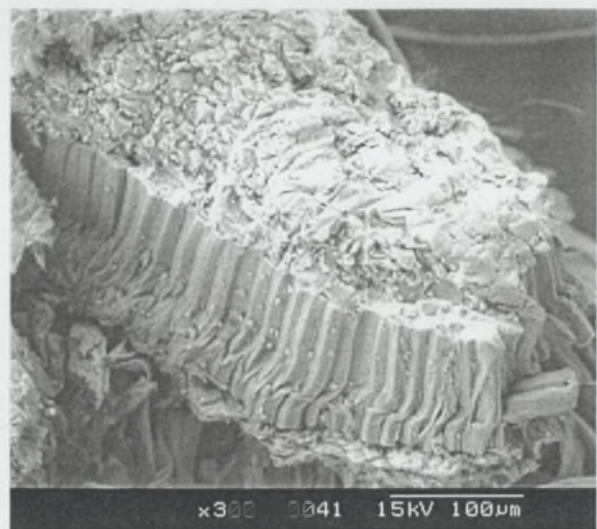
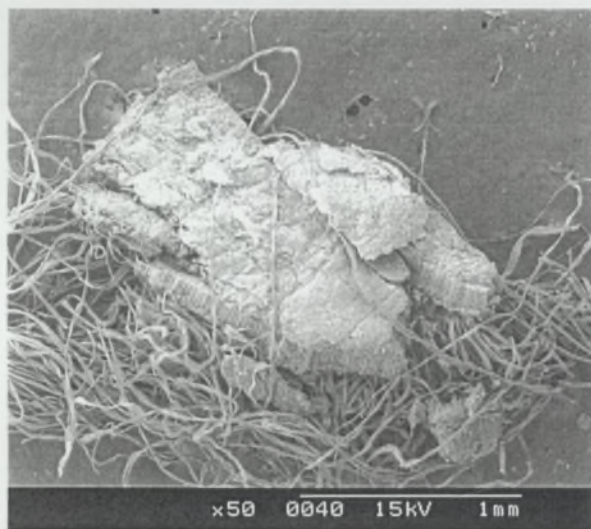
## Annexe 4 : Vues microscopiques de SCF sur le fil











**Annexe 5 : Article à paraître dans *Textile Research Journal***



## Effect of Seed Coat Fragments on Cotton Yarn Strength: Its Dependence on Fiber Quality

*MOURAD KRIFA and JEAN-PAUL GOURLOT*

*CIRAD, Laboratoire de Technologie du Coton, TA 70 / 16, 73 Avenue Jean-François Breton  
34398 Montpellier Cedex 5, France*

*JEAN-YVES DRÉAN*

*LPMT-ENSITM, Laboratoire de Physique et Mécanique Textiles - Ecole Nationale Supérieure des  
Industries Textiles de Mulhouse. 11, rue Alfred Werner 68093 Mulhouse Cedex, France*

### Abstract

Contaminants in cotton fiber cause yarn regularity defects which alter its structure. The effect of these alterations on yarn strength are discussed with particular focus on Seed Coat Fragments (SCF), one of the primary cotton contaminants from the fiber to the finished product. This paper presents the results of an experimental study showing that, in certain cases, the presence of SCF has a significant effect on yarn strength. This effect is closely correlated with the quality of the fiber and a discussion of this interaction is proposed on the basis of different statistical methods.

Numerous authors [3, 9, 13] have attempted to determine the factors which affect yarn strength in order to prepare a model for predicting yarn strength from the quality parameters of a given cotton. The fiber properties most often cited in these studies are fiber strength - which would appear to be the parameter with the closest correlation to yarn strength -, fineness (or a maturity-fineness complex) and length.

Seed coat fragments (SCF) are parts of the cotton seed envelope that have been torn off or shattered during ginning and are found in the fiber used for yarn production. These contaminants are considered as one of the primary sources of cotton yarn regularity defects [1, 4, 5, 7, 11]. They are also associated with productivity losses during spinning [12]. Despite this, little work has been conducted into the possible effect of SCF on yarn strength.

Pearson [10] put forward the hypothesis that an elevated level of neps (fiber neps, SCF) in the cotton would not only be detrimental to yarn regularity but could also have a negative impact on

its strength. Here, these defects, which are integrated into yarn structure, alter the torsion in the area around the defect and thus create points of low strength by decreasing inter-fiber cohesion.

Sawich-Towler and Rogers [14], compared the dynamometric properties of a rotor spun yarn segments containing neps (fiber neps or SCF) with those of control segments without any defect. They observed an increase in breaking frequency at the nep point and concluded that the presence of such defects inside yarn structure contributed to the creation of weak points. However, this effect did not cause a significant decrease in the specific breakage load.

In previous studies [6], we demonstrated a very highly significant relationship between the SCF content of cotton and the strength of yarn (Ring Spun, "RS", and rotor spun 20 tex yarn). Here, the higher the SCF content of the cotton, the lower the specific rupture load. Matusiak *et al.* [8], also in a correlation study, noted the same phenomenon with OE yarn (27 tex).

The conclusions drawn by these authors, and based on various studies conducted to determine the effect of neps, and particularly SCF, on yarn strength, should be considered more as presumptions than proven facts since many factors have an impact on yarn strength which depends both on fiber quality parameters and spinning conditions.

Since all these factors impact on yarn strength, do SCF play a significant role ? It would appear unlikely that such impurities could integrate into the structure of the yarn (Figure 1) without having an effect on its strength, at least in certain cases.

The study presented here aimed to determine the magnitude of any SCF effect on yarn strength using micro-spinning experiments.

## Materials and methods

Two samples of fiber were taken from a homogeneous mix and spun in RS 20 tex under controlled conditions ( $T: 22 \pm 1^{\circ}\text{C}$  and  $\text{RH}: 45 \pm 2\%$ ). One of the samples was used to locate the SCF (by the naked eye on a back-lit fiber web) and the SCF were removed from the fiber prior to spinning using Brucelles forceps.

Thus, the yarn was produced from cotton samples showing exactly the same fiber properties and spun under identical conditions (same spindle, same settings), with the only difference being the presence or absence of SCF.

The yarn produced was then tested on a capacity-type regularimeter and on a dynamometer (constant elongation gradient dynamometer) with 335 breakages per yarn sample and using a 20 cm sample and a test rate of 50 mm/min.



Five cotton varieties from different sources and various fiber characteristics (HVI strength and fineness) were selected for the study. The principal technological characteristics of the cottons retained for the study are presented in Table 1. The samples used provided a wide range of strength and fineness values.

Since the removal of the SCF is a long and difficult operation, only one of the cotton varieties was subjected to a second repetition to include in the tests the evaluation of a possible variation between two independent samples of the same cotton (samples 3 and 4).

In all, six samples and two SCF content levels (12 treatments) were therefore used in the study. All the yarn analyses were performed under constant temperature and relative humidity conditions:  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  and  $65 \pm 2\%$ .

## Results and discussion

The results obtained for specific breakage load (cN/tex) with and without removal of the SCF are presented in Table 2. Then, as a preliminary approach, the effect of removing the SCF was evaluated by comparing yarn strength in the same sample with or without removal of the SCF.

Only some of the samples showed a significant improvement in the specific rupture load of the yarn produced after removal of the SCF and the variances were only significantly different for sample 1.

Samples 3 and 4 were prepared from the same cotton variety. The yarn produced from these two samples showed the same strength and thus demonstrated the repeatability of the study methods (preparation, spinning, analyses, etc.).

The effect of SCF on yarn strength would appear to vary from one cotton to the next since the specific rupture load (strength) was improved to different degrees in the different cottons. This is suggestive of an interaction between the SCF effect and the varietal origin of the cotton. Also, it should be noted that the samples showing the greatest improvement in their strength correspond to those with the highest original specific breakage load.

An analysis of variance was performed to test for the existence of this interaction using the dataset of Table 2 and according to an unbalanced model (only two treatments having been repeated). As well as showing the highly significant effect of the presence of SCF, the analysis of variance also demonstrates a significant interaction between the SCF factor (2 levels: presence / absence) and the variety factor (5 levels). A significant interaction was therefore detected despite the fact that the test was not very powerful due to the small number of repetitions.

## SCF - FIBER QUALITY INTERACTION WITH RESPECT TO YARN STRENGTH

The comparison made in the previous section (Table 2) does not provide any information concerning either the manner in which the removal of the SCF impacted on the distribution of yarn strength nor the reasons for the difference in behavior between the cottons since this is the expression of the interaction between SCF and fiber quality. A graphical method of data analysis [2] was therefore employed to compare the distributions of the two datasets, i.e. an empirical Quantile-Quantile plot.

This was constructed by plotting the quantiles of one empirical distribution against the corresponding quantiles of the other distribution [2]. If the two data sets are noted as  $x_i$ , ( $i=1$  to  $n$ ) and  $y_j$ , ( $j=1$  to  $m$ ), the Quantile-Quantile plot is constructed from the  $Q_y(p)$  and  $Q_x(p)$  coordinate points, with  $p$  between 0 and 1.

The medians of the two distributions constitute the coordinates ( $Q_x(0.5)$ ,  $Q_y(0.5)$ ) of a point on the Quantile-Quantile plot. The same applies for the quartiles and for all the quantiles of the two distributions.

If the two distributions are identical, all the points on the plot will be situated on the line  $y = x$ . The deviation of the Quantile-Quantile plot from the line  $y = x$  provides information on the manner by which the two distributions are different.

Figures 2 to 6 show the Quantile-Quantile plots corresponding to the comparison between the distributions obtained for the specific breakage loads before and after removal of the SCF in each sample tested. A plot corresponding to the line  $y = x$  is also given in each figure.

Samples 3 and 4, derived from the same cotton, reacted in the same manner after SCF removal. All the empirical points on the plot are situated above the line  $y = x$ . This shows that the yarn free from SCF is more resistant (Figure 2).

In addition, all the points are situated on a straight line (dotted line) parallel to the line  $y = x$ . With the exception of those at the ends of the line usually more dispersed.

This shows that removing the SCF from these two samples resulted in an increase in the specific breakage load evenly spread throughout the distribution. In other terms, the removal of the SCF shifted the distribution toward higher values without any deformation.

This shift in the distribution, without deformation, was associated with a very highly significant increase in the mean and the stability of the variance noted for these samples after SCF removal (Table 2).



Samples 3 and 4 showed the highest HVI strength values and were characterized by good fineness compared to the other cottons in the range tested.

The empirical Quantile-Quantile plot for sample 2, which is characterized by a lower HVI strength than the previous samples (see Table 1), is illustrated in Figure 3.

Most of the points (i.e. excepting those at the extreme ends of the distribution) are situated above the line  $y = x$ . It can also be seen that the empirical points form a straight line parallel to the line  $y = x$ . This line is closer to the line  $x = y$  than the corresponding line for the previous samples (Figure 2). Furthermore, this line is rougher than previous results.

This figure therefore shows that the distribution has been shifted, but to a lesser degree. In the same manner as previously, this shift corresponded to a highly significant increase in the mean and the stability of the variance (Table 2).

Figure 4 shows the empirical Quantile-Quantile plot corresponding to the results of the dynamometer tests conducted on sample 1. This sample showed a lower HVI strength and a higher fineness than the three previous samples, but the length and maturity parameters were the same (see Table 1).

This sample did not show the same behavior as the three others after removal of the SCF. The points on the Quantile-Quantile plot are situated on the  $y = x$  line at low strength values and start to deviate from the line at about 13.5 cN/tex. The Quantile-Quantile line then stabilizes (at about 14 cN/tex) to run parallel to the  $y = x$  line.

This configuration therefore shows that the shift in strength values concerns only part of the distribution. Here therefore, the removal of the SCF would appear to have had an effect on only the parts of the yarn already showing fairly elevated strength. The rest of the distribution (low strength segments) was unchanged.

This effect therefore deformed the distribution and this manifest as non-equality of the variances and apparent stability of the mean (Table 2). The deviation recorded on part of the distribution was insufficient to produce a significant difference between the means.

The empirical Quantile-Quantile plot for sample 5 is presented in Figure 5. This sample again showed HVI strength and quality parameters lower than those of the other samples already presented (Table 1).

The plot presented in Figure 5 has a similar shape to that in Figure 4. However, in this case the deviation from the  $x = y$  line appears to be smaller and the points on the empirical plot remain close to the  $x = y$  line.

The distribution deformation after SCF removal is less pronounced for this sample and had no significant impact on either the variances or the means of the two distributions (Table 2).

The Quantile-Quantile plot obtained for the last sample (6) is presented in Figure 6. This sample showed the lowest HVI strength of all, a high fineness (H) and overall a fiber quality index which may be considered, from HVI data, as being the lowest of all the cottons used (Table1).

In this case, the points on the Quantile-Quantile plot were situated on top of the  $x = y$  line. Thus, the two distributions corresponding to the specific breakage load were identical in the presence or the absence of SCF. This configuration also gave equal variances and means (Table2).

## DISCUSSION

The effect of SCF on yarn strength depends on the technological quality of the fiber. The studies conducted after removal of the SCF showed that the higher the quality of the fiber, the more susceptible was yarn strength to the presence of SCF.

This hypothesis is supported by the particularly interesting behavior of sample 1 (Figure 4). As shown by Table 1, this sample may be considered as average quality in the range tested. When tested, its strength was seen to be improved solely over part of the distribution, i.e. the segments with high yarn strength. Thus, SCF only have an effect on yarn strength if this is already fairly high.

To explain this behavior we must consider the segment of yarn subjected to the testing on the dynamometer. Here, during the traction test, the yarn breaks at its weakest point when the load reaches the maximum bearable level for that point.

Let a segment of yarn free from SCF have as  $R_{min}$  the point of least resistance, which could correspond to a possible defect in yarn regularity. If a SCF is inserted into this segment of yarn, it will only have a negative effect on strength if it creates a point of lower resistance than  $R_{min}$  (and therefore lower than all the other points in the test yarn).

If  $R_{min}$  is fairly high, as in a yarn of elevated strength containing few weak points, the SCF will have a greater chance of creating a point whose resistance is lower than  $R_{min}$ . It will therefore have an impact on yarn strength. By contrast, if  $R_{min}$  is low, as in a yarn of low strength with numerous weak points, the resistance at the point created by the SCF will have little chance of being even weaker than the weakest point already present. The presence of the SCF in the yarn will not therefore have any effect on yarn strength. This hypothesis could explain the results observed in the course of our experiments.



This behavior may be summarized in a single diagram that illustrates the importance of the role played by SCF as factors affecting yarn strength (see Figure 7).

Figure 7 is composed of two principal zones corresponding to the two distinct behaviors of yarn strength with respect to SCF. These two zones correspond to different ranges of fiber quality where SCF have different effects on yarn strength (interaction between SCF and fiber quality).

- Zone A: composed of cottons of low quality (strength, fineness, length) that produce yarn of low strength. The fineness and length characteristics (rough, short fibers) predispose to the presence of weak points which could be weaker than the SCF insertion point ( $R_{\min} \leq R_{SCF}$ ). SCF therefore have no effect on yarn strength in this zone. Samples 5 and 6 (Figures 5 and 6) are therefore located in this zone.
- Zone B: corresponds to a significant effect of SCF on yarn strength. This zone is composed of cottons with good fiber qualities that predispose to a yarn of high strength containing few weak points. The insertion of an SCF in the yarn will therefore decrease yarn strength ( $R_{\min} > R_{SCF}$ ). This zone corresponds to cotton samples 3, 4 and 2 (Figures 2 and 3).

A third zone may also be defined between these two zones. Here, the plot corresponding to the comparison between yarn strengths in the presence or the absence of SCF starts to deviate from the  $x = y$  line. This part (T) forms a transition between the two principal zones, A and B and is the expression of the point at which SCF start to have an effect on yarn strength.

Here, it can again be seen that sample 1 (Figure 4) is representative of the overall situation in that the characteristics of this sample in terms of strength and fineness are situated between the A and B zones. This sample therefore illustrates the transition (Figure 4) from one zone to the next and the effects of SCF are only felt on the segments of yarn with the highest strength where  $R_{\min} > R_{SCF}$  (on only part of the distribution).

It is important to recall that the graphical representation (Figure 7) is simply a diagram illustrating an overall qualitative trend derived from experimental results obtained in a small number of cotton samples with different fiber characteristics. The line  $y = x + c$  and its position with respect to the plot corresponding to the comparison between yarn strengths in the presence or absence of SCF, are thus used to illustrate graphically the presence or the absence of an SCF effect on yarn strength.

As far as the quantitative magnitude of this effect and the point at which it starts are concerned (i.e. when transition and zone B are present), it appears very unlikely that this could be adjusted to a constant value for all the cottons concerned since we believe that a variety of factors

such as the SCF content, SCF characteristics and the particularities of each cotton will intervene to determine the quantitative impact of the phenomenon.

### Conclusions

Two samples of cottons taken from a homogeneous mixture, and therefore of identical fiber characteristics, were spun. The SCF in one of the samples were located and removed prior to spinning. The differences observed in the quality of the yarn produced from the two samples were therefore mainly due to SCF. The SCF were removed in this way from 5 cotton varieties representative of a large range of fiber strength and fineness values.

The results obtained showed that the presence of SCF had a significant effect on yarn strength. However, this effect varies with fiber quality. Here, the effect of SCF on yarn strength was more significant in cottons with fiber quality parameters suitable for the production of yarn free from weak points. To explain this behavior, we put forward the hypothesis that a SCF will only have a significant effect on yarn strength if the resistance at the point created by the SCF is even weaker than the weakest point already present. Thus SCF only have an effect on yarn strength if this is already fairly high.

Work is ongoing to correlate this effect of SCF on yarn resistance with the intrinsic characteristics of SCF, and notably their size, and the number of fibers to which they are attached.



***S.a.r.l La Goutte d'Encre***

53 pl. Thermidor 34000 Montpellier . France

TEL: 04.67.65.30.96 Fax: 04.67.65.89.23

E-mail: [gouttedencre@aol.com](mailto:gouttedencre@aol.com)

## ***Etude des fragments de coque de graines de coton : détection, caractérisation, interaction avec les processus de filature et influence sur la qualité du fil.***

### **Résumé**

Les fragments de coque de graine (SCF) font partie des principaux contaminants de la fibre de coton. Ils se distinguent par la présence de fibres, plus ou moins longues, qui y restent attachées après arrachement de la coque de la graine pendant l'égrenage.

L'étude des phénomènes induits par les SCF a été conduite avec deux principaux objectifs : la détermination de leur comportement pendant le processus de filature et l'étude de leurs effets sur la structure du filé et sur ses différents paramètres de qualité. Ceci a été réalisé en tenant compte des caractéristiques intrinsèques des fragments de coque et de leurs interactions avec celles des fibres.

Pour atteindre ces objectifs, la première étape a consisté à sélectionner et/ou mettre au point des méthodes de détection efficaces, permettant la quantification et la caractérisation des SCF. Les résultats obtenus ont montré la possibilité d'une détection de la gamme complète des SCF visibles dans la fibre et dans le fil sans troncature de leur distribution de taille. Ils ont également montré la faisabilité de la mesure de la quantité de fibres attachées aux SCF et l'importance de cette caractéristique comme facteur d'influence sur le nettoyage du coton et sur les perturbations provoqués par les SCF dans la structure du fil.

Ce travail a enfin permis, grâce aux nouvelles méthodologies, de déterminer :

- l'effet de chaque étape du processus de filature sur la quantité et la distribution de taille des SCF.
- l'importance de ces impuretés comme élément de la qualité du fil, prise dans sa globalité et avec ses différents aspects (régularité, résistance mécanique) en interaction avec les caractéristiques technologiques des fibres.

En conclusion, il apparaît que les SCF, habituellement pris en compte par leur seul aspect quantitatif (en tant que neps), doivent également être abordés sous un angle qualitatif, de par leurs caractéristiques intrinsèques et les perturbations qu'ils induisent au sein même de la structure du fil.

---

**Mots clés :** Coton, Impuretés, Fragments de coque, Filature, Analyse d'image, Régularimétrie, Imperfections, Résistance mécanique.

---

## ***Seed coat Fragments in cotton fiber : detection, characterization, interaction with spinning processes and influence on yarn quality.***

### **Summary**

Seed Coat Fragments (SCF) are portions of a cotton seed that have been pulled or broken from either mature or immature seeds during ginning and mechanical processing. SCF may be distinguished from other contaminants found in cotton by the presence of fibers which remain attached to them after the coat has been torn off.

Two main objectives were achieved to examine the phenomena induced by SCF: the determination of their behavior during spinning process and the study of their effects on yarn's structure and quality parameters. These researches were carried out with regard to SCF characteristics and interactions with fiber technological properties.

In order to achieve these objectives, SCF had to be detected and characterized at different stages of fiber transformation into yarn. Accordingly, existing detection devices were examined and new methodologies were developed. Results showed the possibility of detecting the entire range of visible SCF in fiber and in yarn without truncating their size distribution. Results also showed the feasibility of measuring the amount of fibers attached to SCF that appeared to have a significant effect on cotton suitability for cleaning and on the disruptions caused by SCF in the yarn structure.

The developed methods allowed to determine the effect of each transformation step of the spinning process on SCF quantity and size distribution. They also helped to demonstrate the role played by these contaminants as an element of yarn global quality, interacting with fiber technological properties.

To sum up, SCF appeared to be related with different yarn qualitative aspects. Consequently, these contaminants should be considered with concern to their intrinsic characteristics and to the disruptions they induce in yarn structure. This should be done without focusing on only quantitative aspect of a specific type of yarn imperfection (neps, usually considered in industry).

---

**keywords:** Cotton, Impurities, Seed Coat Fragments, Spinning, Image analysis, yarn evenness, Imperfections, Yarn strength.